О. Я. Боксер
М. И. Клевцов

ЭЛЕКТРОННЫЕ ХРОНО-РЕФЛЕКСОМЕТРЫ

·ЭНЕРГИЯ·

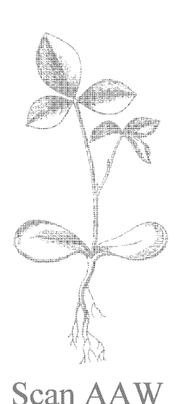


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 644

О. Я. БОКСЕР и М. И. КЛЕВЦОВ

ЭЛЕКТРОННЫЕ ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРЫ





«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1967

6П2.15
Б 78

УДК 621.391:61

Боксер О. Я. и Клевцов М. И.

Б 78 Электронные хронорефлексометры. М., «Энергия», 1967.

80 с. с илл. Массовая радиобиблиотека. Вып. 644. 15 000 экз. 25 коп.

Содержатся сведения о принципах устройства и основных элементах электронных хронорефлексометров. Популярно излагаются физические процессы, положенные в основу этих приборов, и описываются наиболее интересные и перспективные схемы и конструкции. Освещаются практические вопросы и перспективы применения электронной хронорефлексометрии в профессиональном обучении. Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей.

3-4-5 / 310-67 **6П2.15+61**

Боксер Оскар Яковлевич

Клевцов Михаил Иванович

Электронные хронорефлексометры

Редактор *В. А. Назаров*
Художественный редактор *Д. И. Чернышев*
Технический редактор *Т. Г. Усачева*
Корректор *Е. В. Кузнецова*

Сдано в набор 13/II 1967 г. Подписано к печати 27/V 1967 г. Т-06927
Формат 84×108[1]/32 Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 4,2
Уч.-изд. л. 6,11 Тираж 15 000 экз. Цена 25 коп. Зак. 84
Издательство „Энергия", Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Класс электронной аппаратуры, рассматриваемой в книге О. Я. Боксера и М. И. Клевцова, имеет большое и все возрастающее значение для многих областей знания. В последнее время помимо специалистов, работающих в области нейрофизиологии, высшей нервной деятельности, общей и инженерной психологии, авиационной и космической медицины, физиологии труда, токсикологии, психоневрологии, электронные хронорефлексометры привлекают внимание специалистов по кибернетике, бионике, методике профессионального обучения, обучающим машинам, счетно-вычислительной технике и др.

Естественным отражением упомянутой тенденции следует считать сильно возросшую за последние годы увлеченность радиолюбителей хронорефлексометрической тематикой. Об этом наглядно свидетельствуют материалы последних всесоюзных и областных радиовыставок.

Значительные и разносторонние успехи в электронной хронорефлексометрии получены в течение последних лет. Не случайно, что аппаратура этого типа находилась в центре внимания I Всесоюзной конференции по электронной аппаратуре для исследований в области высшей нервной деятельности и нейрофизиологии (сентябрь 1966 г.). Материалы упомянутой конференции отчасти использованы в данной книге. Авторы книги, канд. мед. наук О. Я. Боксер и инж. канд. биол. наук М. И. Клевцов, хорошо известны как специалисты в области электронной хронорефлексометрии — создатели отечественных промышленных радиорефлексометров.

В книге дано глубокое по содержанию и вместе с тем вполне доступное для массового читателя изложение современных достижений по электронной хронорефлексометрии.

Наряду с общими вопросами, относящимися к проблеме электронных хронорефлексометров, конкретными схемами и конструкциями, описанными в первых четырех главах, значительный интерес представляет материал пятой главы, где освещаются практические вопросы и перспективы применения электронной хронорефлексометрии в профессиональном и, в частности, программированном обучении; излагаются принципы конструирования новой разновидности обучающих машин — обучающих хронорефлексометров.

Можно надеяться, что книга будет полезна не только специалистам и подготовленным радиолюбителям, но и читателям, впервые начавшим интересоваться этой проблемой.

Член-корр. АН СССР *О. Газенко*

Доктор мед. наук *И. Акулиничев*

ВВЕДЕНИЕ

Время — одна из основных объективных форм существования материи, в отрыве от которой невозможно правильно анализировать материальные процессы, относящиеся к деятельности живых существ. Рассматривая воздействие на человека окружающей среды и его ответную реакцию, необходимо отметить, что из всех характеристик функциональных возможностей человека наиболее выпукло выступает фактор времени.

Временной анализ имеет большое значение для изучения рефлекторной деятельности человека как с теоретической, так и с практической точки зрения. В настоящее время испытывается необходимость такого анализа в самых различных областях знания, где объектом исследования становится человек, соприкасающийся с современной техникой (инженерная психология, нейрокибернетика, нейрофизиология, вопросы высшей нервной деятельности, педагогика, вопросы профессионального обучения, спортивная медицина, физиология труда и др.).

Временной анализ рефлексов, особенно двигательных и словесных, протекающих, как правило, в микроинтервалах времени, требует применения приборов (хронорефлексометров) высокой точности с многообразными возможностями их использования.

За последние годы круг специалистов и радиолюбителей, занимающихся вопросами конструирования электронных хронорефлексометров, значительно вырос. Об этом, в частности, свидетельствует I Всесоюзная конференция по электронной аппаратуре для исследований в области высшей нервной деятельности и нейрофизиологии, состоявшаяся в сентябре 1966 г. в г. Иваново.

На этой конференции, объединившей радиоинженеров, медиков, биологов, математиков, радиофизиков, кибернетиков, специалистов по электронно-вычислительной технике, автоматике и телемеханике, количество докладов и выступлений, посвященных электронным хронорефлексометрам, было наибольшим.

Все это является залогом новых значительных достижений в области разработки принципов конструирования и создания промышленных образцов электронных хронорефлексометров.

Глава I

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРОВ

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРИИ

Достижения электроники, радиотелеметрии и кибернетики создали условия для «технического перевооружения» рефлексометрии.

Желательно, чтобы современный рефлексометр наряду с высокой точностью измерения временных параметров рефлекса, был рассчитан на такие основные возможности, как исследования в условиях не только проводной, но и радиосвязи между экспериментатором и объектом, автоматические исследования основных типов условных связей, отражающих взаимодействие обеих сигнальных систем, исследования многоэлементных цепных реакций и др.

Серьезная попытка реализовать эти и другие требования была предпринята при конструировании теле- и радиорефлексометров — первых отечественных серийных и опытных промышленных рефлексометров; некоторые из них описаны в четвертой главе книги.

Предложенные приборы, особенно радиорефлексометры последней конструкции, являются довольно универсальными. Они служат для исследования безусловных и условных рефлексов на контактные, дистантные и словесные раздражители, а также высокоточного определения скоростей различных нейрофизиологических процессов. Например, при изучении высшей нервной деятельности теле- и радиорефлексометры позволяют исследовать у человека и животных не только словесные (голосовые), двигательные и дыхательные рефлексы в различных сочетаниях, но и мигательные, глотательные, слюнные, сердечно-сосудистые.

Своеобразной возможностью рассматриваемых приборов является словоуправление (голосоуправление), а в последнее время биоэлектрическое управление различными электрическими исполнительными механизмами.

Первоначально телехронорефлексометры разрабатывались только в связи с потребностью радиотелеметрических исследований рефлексов у человека в полете. Затем на основе современных счетных устройств стали создаваться значительно более портативные, совершенные и разносторонние приборы, рассчитанные на исследования в условиях проводной и радиосвязи между экспериментатором и объектом исследования. Это прежде всего такие приборы, как теле-

хронорефлексометры — ТХР-56 и ТХР-56М*, ТХР-56С и ТХР-56С-2, радиорефлексометры РРМ-59, РРМ-59М, ЭМР-1, РРМ-Ц. Значительный интерес представляют приборы для бесконтактного измерения скрытого периода торможения двигательной реакции в трехмерном пространстве.

Закончена разработка нескольких портативных рефлексометров и радиорефлексометров, обладающих рядом новых возможностей.

В 1965—1966 гг. была сконструирована комплексная радиорефлексометрическая установка для исследования высшей нервной деятельности. При конструировании установки, наряду с некоторыми оригинальными идеями, были использованы лучшие достижения промышленной и опытно-промышленной радиорефлексометрии (приборы РРМ-59, ЭМР-1, РРМ-Ц и др.), реализованные на более высоком техническом уровне (широкое применение полупроводников, цифровых индикаторов, функциональных блоков). Установка укомплектована высокоэффективным блоком для автоматической подачи раздражений, оригинальной портативной радиолинией, приставкой для измерения скрытого периода торможения двигательной реакции и рассчитана на комплексную работу с различного рода осциллографами и другими устройствами для автоматического оттиска результатов измерений.

Работа над совершенствованием электронных хронорефлексометров и, в частности, радиорефлексометров на основе использования новейших достижений радиоэлектроники и кибернетики интенсивно продолжается. Разумеется, радиорефлексометрия вовсе не исключает других направлений электронной хронорефлексометрии, из которых особо примечательны, с одной стороны, разработка крупногабаритных стационарных установок, основанных на использовании электронных счетно-вычислительных машин, и, с другой стороны, конструирование миниатюрных хронорефлексометров для экспресс-методов рефлексометрии.

Заслуживают внимания несколько комплексных установок для рефлексометрии, предложенные в последние годы.

Комбинационный автоматический универсальный рефлексометр (КАУР) содержит в себе набор проекционных аппаратов — источников сигналов. Эти сигналы предъявляются с помощью программирующего устройства в определенной комбинации и последовательности и регулируются по длительности экспозиции и паузе между ними путем установки необходимых временных параметров на времязадающем устройстве, собранном на *RC* элементах.

Для многомерного варьирования параметров предъявляемых сигналов программирующее и времязадающее устройства рефлексометра выполнены на основе двухмерной матрицы со штепсельным набором. Для регистрации временных параметров реагирования и ошибочных действий испытуемого в нем установлен блок счетчиков времени и ошибок.

Из сложных установок, преимущественно специального назначения, также характеризующихся широким применением кинопроектов с программированным управлением, в качестве источников сигналов следует отметить установки «Эмоция» и «АУР-01», а также комплексные рефлексометры для моделирования некоторых профес-

---

* В настоящее время прибор ТХР-56М модернизирован и рассчитан на безынерционное подключение современных высокоточных измерителей времени.

сиональных ситуаций. На применении электроники частично основана «Стационарная установка для исследования высшей нервной деятельности человека», созданная применительно к методике А. Г. Иванова-Смоленского.

Ряд оригинальных особенностей и преимуществ (несмотря на применение недостаточно точных измерителей времени) отличают установку УФИ-63.

Большой интерес для изучения особенностей высшей нервной деятельности при групповой взаимозависимой работе представляет «Гомеостат».

ВРЕМЕННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ РАЗДРАЖИТЕЛЯМИ И ОТВЕТНЫМИ РЕАКЦИЯМИ

Согласно учению И. П. Павлова, в работе коры головного мозга человека участвуют две сигнальные системы действительности.

Первая сигнальная система свойственна как животному, так и человеку. Она связывает организм с окружающей средой через *непосредственные* ощущения и восприятия. Иными словами, первую сигнальную систему действительности составляют временные связи, в которых сигналами служат *непосредственные* воздействия предметов и явлений на наши органы чувств (зрительный, слуховой, кожный и другие рецепторы).

В отличие от животного, человек, наряду с первой, имеет и вторую сигнальную систему действительности. Ее составляют временные связи, в которых сигналами служат слова (а также цифры, ноты и т. п., слышимые или прочитанные), с помощью которых человек обозначает предметы и явления.

У человека первая сигнальная система находится в неразрывной органической связи со второй. Нельзя изучать высшую нервную деятельность человека, не анализируя взаимодействие обеих сигнальных систем.

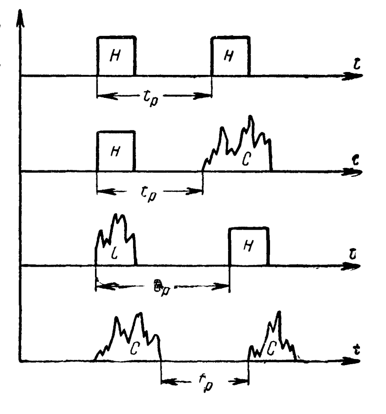


Рис. 1. Графическое изображение основных типов временных связей между раздражителями и ответными реакциями человека.

При проведении хронорефлексометрии приходится встречаться с двумя типами сигналов: непосредственными и словесными, обозначенными на рис. 1 соответственно буквами Н и С. Реакции также делятся на два типа, имеющие аналогичные наименования и обозначаемые теми же символами Н и С.

Знак Н применительно к реакции обозначает непосредственную реакцию вообще или двигательную реакцию той или иной конечности в частности. Для других конкретных непосредственных реакций, наряду со знаком Н, маленькой буквой указывается, какая непосредственная реакция имеется в виду. Например, непосредственная дыхательная реакция обозначается знаком Нд, мигательная — знаком Нм и т. п.

Знак Сн применительно к словесному сигналу обозначает, что испытуемому надо реагировать на начало словесного сигнала, т. е. времяизмерительное устройство рефлексометра останавливается началом словесной реакции. В случае необходимости реагировать на конец словесного сигнала применяется знак Ск.

В случае, если для данного исследования перечисленная конкретизация несущественна, словесные сигнал и реакция обозначаются знаком С.

Биопотенциальный (биоэлектрический) компонент той или иной реакции обозначается прибавлением буквы Э к ее символическому изображению, помещенному в скобки. Например, Э(Н) обозначает биоэлектрический компонент непосредственной реакции вообще или двигательной реакции в частности; Э(Нм) — биоэлектрический компонент мигательной реакции; Э(С) — биоэлектрический компонент словесной реакции; Э(С)С — одновременную регистрацию словесной реакции и ее биоэлектрического компонента и т. д.

При символическом обозначении цепной реакции ее компоненты помещаются внутрь квадратов и соединяются стрелками (так, как это принято для кинематических графиков кибернетики). Например, словесно-двигательно-словесная реакция на непосредственный сигнал обозначается так:

| Н | — | С | → | Н | → | С |.

Схематично все виды условных связей между раздражителями и ответными реакциями человека, принято делить на четыре основные группы.

1) Связи типа Н-Н, т. е. связи между непосредственным сигналом действительности (световым, звуковым, раздражение электрическим током) и непосредственной (несловесной) реакцией (двигательной, дыхательной, глотательной, кашлевой).

2) Связи типа Н-Сн (непосредственный сигнал — словесная реакция).

3) Связи типа Сн-Н и Ск-Н (словесный сигнал — непосредственная реакция).

4) Связи типа Ск-Сн (словесный сигнал — словесная реакция).

Многие авторы к числу основных связей относят также связи типа Н-ННд (непосредственный сигнал — совместные двигательная и дыхательная реакции); связь типа Ск-НСн (словесный сигнал — совместные непосредственная и речевая реакции); связь типа Ск-ННд (словесный сигнал — совместные двигательная и дыхательная реакции).

Разновидности этих связей, представляющие практический интерес, достигают большого числа и они всегда должны учитываться при разработке электронных хронорефлексометров.

МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРАМ. БЛОК-СХЕМА ПРОСТЕЙШЕГО ЭЛЕКТРОННОГО ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРА

К какому бы направлению ни примкнул тот или иной специалист, заинтересовавшийся рефлексометрией, ему необходимо ориентироваться на какие-то общие медико-технические требования. Для электронного хронорефлексометра, претендующего на практическую

универсальность, эти требования, по нашему мнению, могут быть сведены к обеспечению следующих возможностей.[1]

1. Автоматическое исследование основных типов условных связей (Н-Н, Н-Сн, Сн-Н, Ск-Н, Ск-Сн) и их основных производных, отражающих взаимодействие обеих сигнальных систем; в частности, возможность включения измерителя времени реакции не только передним, но и задним фронтом того или иного сигнала, особенно словесного.

2. Измерение различных видов условных и безусловных рефлексов (как минимум — двигательных, дыхательных и словесных).

3. Диапазон измеряемого времени 0,001—10 *сек*; точность измерения 10^{-4} *сек*[2].

4. Измерение в условиях не только проводной, но и радиосвязи между экспериментатором и испытуемым (в том числе при большом и меняющемся расстоянии между ними).

5. Временной анализ биоэлектрического компонента реакции (например, измерение скрытого периода и продолжительности усиления биотоков мышц, принимающих участие в реакции), временной анализ кожно-гальванической реакции.

6. Хронометрия цепных много- и разноэлементных реакций (двигательных, словесных, словесно-двигательных, двигательно-дыхательных и др.).

7. «Ручная» и автоматическая (в том числе программированная) подача самых различных словесных и непосредственных раздражителей (звук, свет, раздражение электрическим током, проекция на экран) с широкими возможностями варьирования раздражителей, дозирования их интенсивности, длительности, интервалов между ними.

8. Синхронность включения источников раздражения и измерителя времени реакции.

9. Измерение длительности, величины и ускорения (замедления) непосредственной и словесной реакций.

10. Временной анализ положительных и тормозных реакций в трехмерном пространстве, в частности — при отсутствии механической связи движущейся (реагирующей) конечности с рефлексометром.

11. Запуск (остановка) измерителя времени реакции (синхронно с включением — выключением источника раздражения) через посредство возможно большего числа разновидностей датчиков (электроконтактных, микрофонных, ларингофонных, фотоэлектрических, температурных, биопотенциальных, емкостных).

12. Комплексная работа с промышленными осциллографами (в том числе и электронно-лучевыми), цифропечатающими машинами, многоканальными анализаторами (спектрометрами), обучающи-

---

[1] Хотя большинство этих требований уже учтено при конструировании промышленных радиорефлексометров, несомненно, их можно осуществить на более высоком качественном уровне.

[2] Измерение коротких интервалов времени с большей точностью желательно при исследовании связей типа Н-Н и С-Н, особенно если учитывается биопотенциальный компонент реакции и проводятся соотносительные измерения различных реакций (например, реакций правой и левой руки) или компонентов одной и той же реакции (вегетативной, позной и др.). При измерении некоторых реакций (например, Ск-Сн) достаточна значительно меньшая точность измерения.

ми машинами. Выход на магнитное запоминающее устройство.

13. Экономичная и малогабаритная приставка для математического (статического) анализа результатов измерений.

14. Включение в конструкцию хронорефлексометра легко заменяемых функциональных блоков, способных при необходимости функционировать самостоятельно; экономичность, портативность, простота управления, бесшумность работы.

Конкретные условия экспериментов при электронной хронорефлексометрии в ее простом варианте сводятся, примерно, к следующему.

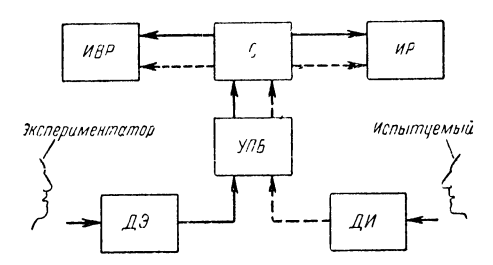


Рис. 2. Блок-схема простейшего электронного хронорефлексометра.

Согласно задачам опыта, экспериментатор подает испытуемому тот или иной сигнал (световой, звуковой, словесный, раздражение электрическим током). Одновременно с началом (или концом) сигнала автоматически включается измеритель времени. Испытуемый, восприняв сигнал раздражения, реагирует на него движением, словом, выдохом и другими ответными действиями. При возникновении реакции или ее биоэлектрического компонента измеритель времени автоматически выключается. Тем самым измеряется скрытый период реакции или ее биоэлектрический компонент. Если измеритель времени включается в начале, а выключается в конце реакции, то измеряется длительность реакции (или «открытый» период).

Сказанным определяется блок-схема простейшего электронного хронорефлексометра, приведенная на рис. 2.

Помимо уже упоминавшихся измерителя времени реакции *ИВР* и источника раздражения *ИР*, схема содержит в себе синхронизатор *С*, предназначенный для включения и выключения *ИР* и *ИВР*, а также для синхронизации их работы во времени.

Не менее важными элементами рефлексометров являются датчики экспериментатора *ДЭ* и испытуемого *ДИ*.

Для усиления сигналов, получаемых от датчиков, и формирования четко локализованных во времени импульсов, пригодных для управления синхронизатором хронорефлексометра, предусмотрен усилительно-преобразовательный блок *УПБ*.

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ

Согласованность в работе всех звеньев измерительной цепи должна быть такой, чтобы точно зарегистрировать, во-первых, материальное воздействие на испытуемого (как начало процесса) и, во-

вторых, материальное воздействие исследуемого лица на измеритель времени рефлексометра (как конец процесса). Временной сдвиг в работе этих звеньев по любой причине неизбежно приведет к возникновению неучтенной погрешности измерения. Поэтому данный вопрос анализируется в тесной связи с переходными процессами, происходящими в них.

Все непосредственные и словесные сигналы (реакции) экспериментатора и испытуемого можно в конечном счете преобразовать из неэлектрических величин в электрические. Изобразим их графически в виде электрических импульсов, а затем рассмотрим с точки зрения влияния на общую погрешность измерения времени реакции человека.

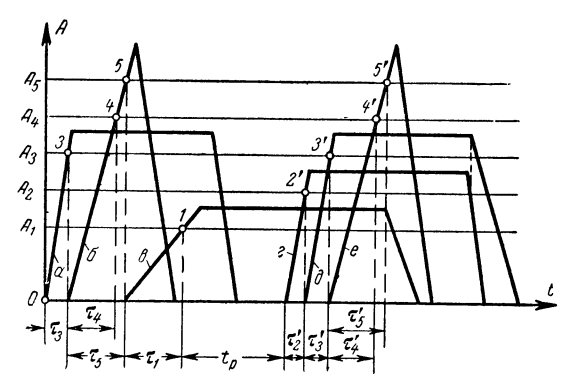


Рис. 3. Временна́я диаграмма переходных процессов при рефлексометрии.

Временна́я диаграмма переходных процессов для одного из вариантов взаимного расположения уровней чувствительности отдельных звеньев измерительной цепи приведена на рис. 3. По оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат — мгновенные значения сигналов и значений чувствительности каждого звена.

Принятые на графике обозначения:

а — запускающий сигнал, действующий на синхронизатор рефлексометра со стороны экспериментатора;

б — выходной импульс синхронизатора, обеспечивающий включение измерителя времени и источника раздражения;

в — импульс, характеризующий интенсивность раздражителя;

г — сигнал, соответствующий ответной реакции испытуемого;

д — выходное напряжение датчика испытуемого;

е — выходной импульс синхронизатора, выключающий *ИВР* (а при необходимости и раздражитель);

A_{1-5} — значения пороговой чувствительности (уровня срабатывания) отдельных звеньев измерительной цепи (A_1 — для испытуемого; A_2 — для датчика испытуемого; A_3 — для синхронизатора; A_4 — для *ИВР*; A_5 — для источника раздражения).

Время нарастания импульсов от нулевых до пороговых значений чувствительности тех или иных звеньев обозначено буквой τ с соответствующим индексом.

Реально встречаемые при рефлексометрии запускающие и ответные сигналы могут иметь самую неожиданную форму, особенно при использовании речевых сигналов раздражения и речевых реакций. Но в данном случае важно выяснить не абсолютное значение погрешности измерения времени реакции, а характер ее изменения. Поэтому на рис. 3 импульсам для наглядности приданы геометрически простые формы.

ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ

Анализируя блок-схему, приведенную на рис. 2, нетрудно прийти к выводу, что общая погрешность измерения скрытого периода реакции человека включает в себя следующие элементы: погрешность собственно измерителя времени; погрешности, обусловленные инерционностью включения и выключения *ИВР*, инерционностью действия *ИР* (так как нарастание интенсивности раздражителя после включения *ИВР* до уровня восприятия человеком не может произойти мгновенно) и датчиков ответных реакций обследуемого; погрешность, зависящую от точности синхронизации моментов включения *ИВР* и источника раздражения.

Высокой точности измерений можно добиться тремя путями: уменьшением каждого элемента общей погрешности до пренебрежимо малых значений; предварительным определением и последующим исключением перечисленных элементов погрешности из результатов измерений; компенсацией одних элементов погрешности другими в процессе самих измерений.

Трудность задачи как учета, так и компенсации погрешности состоит в неопределенности ее изменения, которую вносит сам объект обследования — человек. Известно, что организм человека имеет пороговую чувствительность к действию того или иного раздражителя. Если измеритель времени включать строго одновременно с началом действия раздражителя, то при малой крутизне нарастания интенсивности последнего (большой инерционности) начало его восприятия человеком будет сдвинуто по оси времени вправо, причем тем больше, чем выше порог чувствительности организма.

Пороговая чувствительность, в свою очередь, зависит от амплитудно-временной характеристики раздражителя состояния организма и его индивидуальных особенностей, фонового уровня раздражения и других факторов. Большинство из перечисленных факторов изменяется с течением времени, причем без определенного ритма. Поэтому элементам погрешности, которые вызываются несогласованностью человека с прибором, при конструировании хронорефлексометров должно быть уделено особое внимание.

Согласно рис. 3, начало работы *ИВР* (точка *4*) опережает по времени момент включения *ИР* (точка *5*) на величину $\tau_5-\tau_4$. Начало восприятия испытуемым раздражителя (точка *1*) наступит еще позже, через отрезок времени τ_1. Таким образом, при запуске рефлексометра за счет временного сдвига точки *1* по отношению к точке *4* возникнет ошибка измерения времени реакции $\Delta t_1=\tau_1+\tau_5-\tau_4$.

Восприняв раздражитель и отреагировав на него, испытуемый, как правило, не может мгновенно прекратить отсчет времени, так как датчики, которыми он пользуется, обладают большей или меньшей инерционностью, обусловленной необходимостью преобразования неэлектрических величин в электрические.

Итак, для приведения датчика в действие требуется время τ'_2. Возникший на его выходе импульс, вызовет вторичное срабатывание (возвращение в исходное состояние) синхронизатора (точка *3*), который, в свою очередь, выключит *ИВР* (точка *4*) и источник раздражения (точка *5*). Погрешность измерения времени реакции за счет ответных сигналов испытуемого составит:

$$\Delta t_2 = \tau'_2 + \tau'_3 + \tau'_4.$$

Общая погрешность измерения времени реакции

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2.$$

Время реакции, измеренное рефлексометром, равно: $t = t_р + \Delta t$, где $t_р$ — скрытый период реакции человека.

Конструктивно можно добиться значительного уменьшения погрешности Δt_2. Эта погрешность для одних и тех же датчиков и рефлексометра постоянна и в ряде случаев может быть учтена при измерениях.

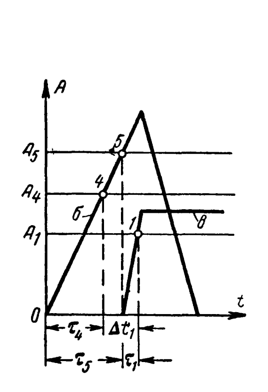


Рис. 4. Временная диаграмма для $A_4 < A_5$.

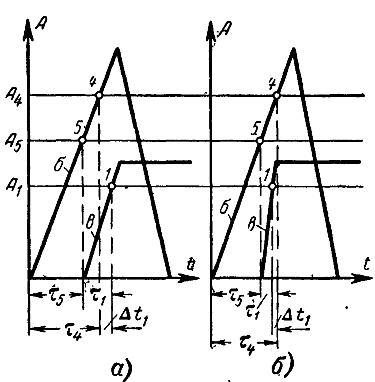


Рис. 5. Временная диаграмма для $A_4 > A_5$.

Большой интерес с точки зрения рационального конструирования рефлексометров представляет погрешность Δt_1. Предъявление раздражителя и включение измерителя времени может быть осуществлено тремя способами: в первом случае начало работы *ИВР* совпадает по времени с действием источника раздражения, во втором опережает и в третьем отстает от него.

При первом способе погрешность $\Delta t_1 = \tau_1$ целиком и полностью определяется инерционностью раздражителя и пороговой чувствительностью обследуемого человека. При этом Δt_1 всегда больше нуля, так как τ_1 не имеет отрицательных значений. При втором способе (рис. 4), погрешность имеет тот же характер, что и в первом случае, но по абсолютной величине превышает ее. При третьем способе (рис. 5), погрешность может иметь как положительный (рис. 5,*а*), так и отрицательный знак (рис. 5,*б*). Если τ_1 окажется больше времени рассогласования между моментами включения *ИР* и *ИВР* $(\tau_5 - \tau_4)$, то погрешность будет иметь тот же характер, что и в двух

предыдущих случаях. Если τ_1 меньше этого времени, то погрешность будет иметь противоположный знак.

Таким образом, при первых двух способах включения *ИР* и *ИВР* возникает погрешность, которую можно учитывать при измерениях лишь путем ее исключения из полученных результатов. При третьем способе погрешность может быть не только учтена, но и компенсирована упреждением включения раздражителя по отношению к началу работы *ИВР* на величину $\Delta t_1 = \tau_1$.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ, СЛОВЕСНЫХ И БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Исследование основных типов условных связей человека предполагает три основных вида воздействий на рефлексометр: непосредственное, словесное и биоэлектрическое. Однако в конечном счете все воздействия на прибор со стороны экспериментатора и испытуемого преобразовываются в управляющие электрические сигналы с определенными параметрами. Основным параметром всех управляющих сигналов является крутизна их переднего (а в некоторых случаях и заднего) фронта.

Как отмечалось, длительность фронта играет важную роль в образовании погрешности измерения времени реакции. Чем выше крутизна фронта, тем точнее каждое отдельное измерение и тем идентичнее результаты серии измерений. Однако выходные сигналы некоторых типов датчиков, используемых при исследовании непосредственных реакций, имеют малую крутизну переднего фронта. Задача состоит в том, чтобы сигналам, получаемым от этих датчиков, придать не только нужную амплитуду, т. е. усилить их, но и достаточно точно локализовать во времени.

Не менее важной задачей является преобразование пусть даже точно локализованного, но дискретного сигнала в моносигнал. Например, словесный сигнал, состоящий из трех слогов, представляет собой дискретный сигнал, у которого функция $A = f(t)$ прерывиста. Практически вместо одного слитного сигнала приходится иметь дело с несколькими, каждый из которых может выполнять роль как запускающего, так и ответного сигнала.

При исследовании условных связей типа Ск-Сн измеритель времени за время произнесения одного словесного сигнала включится трижды в точках t_1, t_2, t_3 (рис. 6), а требуется лишь последнее включение. Решение задачи напрашивается само: необходимо применить искусственную временную задержку с тем, чтобы сгладить резкие спады амплитудно-временно́й характеристики сигнала. При этом включение измерителя времени произойдет не в точке t_3, а с некоторой задержкой, которая может быть учтена при измерениях простым сложением с полученными результатами.

При таком полном использовании словесного сигнала в качестве раздражителя в исследованиях типа Ск-Сн к измерителю времени предъявляется ряд специфических требований.

Измеритель времени должен включаться в конце произносимого словесного сигнала и выключаться в начале словесной реакции; при этом должно быть исключено преждевременное включение измерителя времени между слогами слова или словами фразы. Измеритель времени должен включаться в начале словесного сигнала и повторно в конце словесной реакции, началом которой он выключился.

Поскольку сигнал словесной реакции по своей природе ничем не отличается от словесного сигнала раздражения, а измеряемое время реакции $t_р$ не отличается от пауз $t_п$ между слогами слова или словами фразы, то искусственная задержка $t_з$ должна быть меньше измеряемого времени. Отсюда вытекает главное требование к прибору: время задержки должно быть больше максимальной длительности пауз на уровне пороговой чувствительности прибора и меньше минимального значения измеряемого времени реакции, т. е. $t_п < t_з < t_р$.

С точки зрения безынерционности управления рефлексометром большой интерес представляют биоэлектрические сигналы, снимаемые с участвующих в реакции мышц.

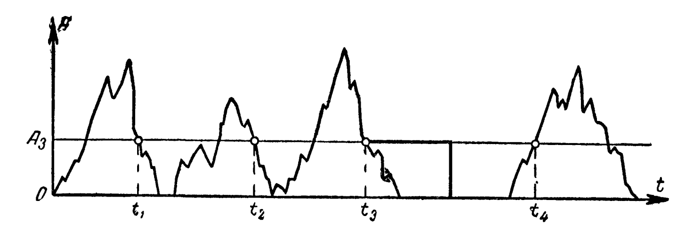


Рис. 6. Графическое изображение условных связей типа Ск-Сн.

Известно, что при той или иной двигательной или словесной реакции, осуществляемой в ответ на сигнал-раздражитель, резкое увеличение амплитуды колебаний биопотенциалов соответствующих мышц (движущейся конечности или губ) несколько предшествует их видимому сокращению и продолжается в течение всего периода сокращения.

По данным суммарной электромиограммы амплитуда колебаний потенциалов скелетных мышц здорового человека после сигнала к действию равна сотням микровольт, а спектр частот лежит в пределах от нескольких десятков до сотен герц. С другой стороны, у бодрствующего человека даже произвольно расслабленные мышцы находятся в состоянии легкого тонического напряжения, и амплитуда потенциалов может достигать нескольких десятков микровольт. Поэтому при использовании биоэлектрических сигналов для управления рефлексометром прежде всего исключается влияние так называемого биопотенциального фона. Если ограничить диапазон биоэлектрических колебаний мышц 70—300 *гц*, то в нижней части спектра период одного колебания составит около 0,015 *сек*, а в верхней — 0,0033 *сек*. Соответственно четверть периода каждого колебания равна около 0,004 и 0,0008 *сек*.

Известно, что суммарный биоэлектрический сигнал состоит из электрических колебаний отдельных мышечных волокон, из которых раньше других возбуждаются более подвижные, тонкие волокна. Следовательно, управление рефлексометром происходит в течение промежутка времени нарастания биопотенциального сигнала в верхней части частотного спектра, т. е. в течение 0—0,0008 *сек*, что для рассматриваемых целей можно считать практически безынерционным.

Глава II

ЭЛЕКТРОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ ВРЕМЕНИ

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ

Тип времяизмерительного устройства выбирается из расчета обеспечения возможного диапазона измерений, заданной точности и разрешающей способности. Современные хронорефлексометрические методики рассчитаны на измерение минимальных промежутков времени, достигающих тысячных долей секунды (например, при определении временных сдвигов между компонентами реакций или при соотносительных измерениях). Отсюда точность и разрешающая способность измерителя должны иметь величины порядка 10^{-4} *сек.*

Многочисленные исследования показали, что у электромеханического секундомера последним разрядом отсчета в лучшем случае следует считать 10^{-3} *сек.*

Однако нельзя не принимать во внимание, что некоторые отечественные электромеханические измерительные устройства (например, электросекундомеры ПВ-53Л и П-14М) являются предметом массового производства, портативны, экономичны и пока более доступны, чем электронные хронометры. Их применение допустимо при временном анализе некоторых реакций, отличающихся относительно большим скрытым периодом (например, реакции типа Ск-Сн).

Измерение малых интервалов времени можно представить в виде трех основных методов.

Аналоговый метод. Основа метода — накопление вспомогательной величины, например, электрического заряда на конденсаторе в течение измеряемого интервала времени. На этом методе работают конденсаторные, стробоскопические и некоторые электроннолучевые хронометры.

Принцип действия измерителя с накопителем заряда состоит в следующем. Конденсатор определенной емкости в течение измеряемого промежутка времени заряжается от нуля до некоторого значения напряжения. Если величину зарядного тока поддерживать постоянной, то напряжение в конце заряда будет прямо пропорционально измеряемому промежутку времени, т. е.

$$U = \frac{It}{C} = kt,$$

где U — напряжение на конденсаторе в конце заряда,
I — ток заряда;
C — емкость конденсатора;
k — коэффициент пропорциональности;
t — измеряемый промежуток времени.

Напряжение на конденсаторе измеряют вольтметром, шкала которого проградуирована в единицах времени. Входное сопротивление вольтметра должно быть большим, с тем чтобы не разрядить конденсатор при замере на нем напряжения. Для этих целей лучше всего пользоваться электронными вольтметрами.

В некоторых случаях напряжение на конденсаторе не измеряют, а сравнивают с калибровочным напряжением, снимаемым с градуи-

рованного в единицах времени потенциометра. В качестве индикатора сравнения применяют оптический индикатор 6Е5С, на электроды которого подают сравниваемые напряжения.

Упрощенная схема *ИВР* накопительного типа приведена на рис. 7.

Цепь заряда конденсатора C_1 состоит из резисторов R_1, R_2 и лампы $Л_1$. Эта лампа служит для поддержания постоянства величины зарядного тока в течение измеряемого промежутка времени (при замкнутой кнопке *Кн*). Действительно, по мере накопления заряда на конденсаторе ток в цепи уменьшается, что приводит к уменьшению падения напряжения на катодном резисторе R_1, с которого снимается напряжение смещения на лампу $Л_1$. При этом сопротивление лампы, а следовательно, и всей цепи заряда уменьшается, а зарядный ток остается почти постоянным. С помощью того же резистора переменного сопротивления R_1 устанавливают также начальную величину зарядного тока.

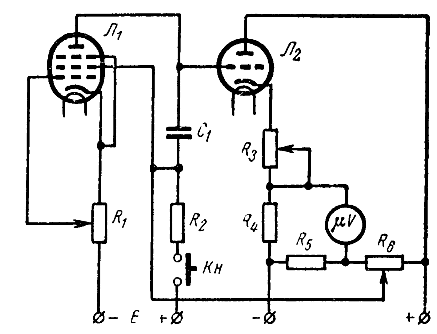


Рис. 7. Упрощенная схема миллисекундомера накопительного типа.

Электронный вольтметр представляет собой сбалансированный мост, два плеча которого составлены из постоянных резисторов R_4R_5, третье — из переменного R_6, а четвертое — из лампы $Л_2$ и резистора R_3. В диагональ моста включен измерительный прибор, шкала которого проградуирована в единицах времени.

Перед началом измерений мост балансируют с помощью переменного резистора R_3. Напряжение с накопительного конденсатора, поданное на вход лампы, изменяет ее сопротивление и нарушает равновесие моста, в результате чего стрелка измерительного прибора показывает искомое время.

Значение напряжения на конденсаторе в конце заряда определяется формулой

$$U_c = E\left(1 - e^{-\frac{t_к}{RC}}\right),$$

откуда время заряда конденсатора будет равно:

$$t_к = RC \ln \frac{E}{E - U_c},$$

где E — постоянное напряжение источника питания;

RC — постоянная времени цепи заряда (величина R определяется параметрами лампы и данными элементов схемы).

При экспотанциальном характере кривой заряда измерительный прибор должен иметь неравномерную шкалу. Поэтому для измерения времени используют участок, соответствующий максимальному напряжению на конденсаторе равному 0,1*E*. На том участке шкалу можно считать практически линейной.

Хронометры, работающие на конденсаторном методе, позволяют измерять интервалы времени от 10^{-8} *сек* до 10 *сек*. К существенным недостаткам конденсаторных хронометров можно отнести большую относительную погрешность измерения (относительная ошибка 2—5%), дрейф нулевого отсчета и необходимость экстренного снятия показания (ввиду возможности разряда измерительного конденсатора через паразитные емкости).

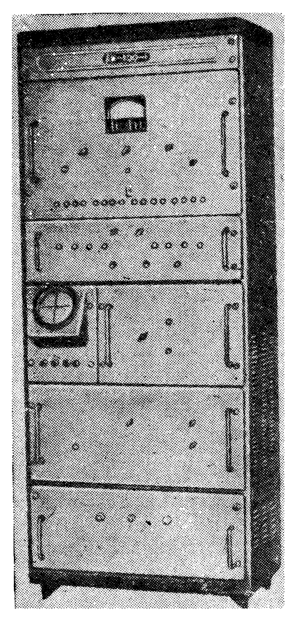


Рис. 8. Многоканальный амплитудный анализатор АИ-100-1.

Кроме того, следует учесть, что на конденсаторном методе основана работа многоканальных амплитудных анализаторов (рис. 8), с помощью которых можно осуществить статическое измерение малых интервалов времени (статистическую обработку в процессе самого измерения). Эти анализаторы широко и плодотворно применяются в ядерной физике, где изменение микроинтервалов времени является основным средством исследования. Возможность неотсроченного автоматического статистического анализа результатов измерений имеет большое значение и для электронной хронорефлексометрии.

Метод совпадения. При этом методе импульс, соответствующий началу измеряемого интервала, задерживается на строго определенное время; анализируется возможность совпадения измеряемого и специально созданного «образцового интервала».

Методы совпадения получили в последние годы значительное развитие в области ядерной физики. Они позволяют с очень высокой точностью измерять микроинтервалы времени порядка 10^{-9}—10^{-6} *сек*. Эти интервалы значительно меньше тех, которые представляют интерес для рефлексометрии. В связи с этим приборы, в основу работы которых положен метод совпадения (*хронотроны*), пока не оказали никакого влияния на принципы конструирования электронных хронорефлексометров. Между тем эти методы позволяют сравнительно простым способом произвести статистическую обработку результатов измерения (получить гистограммы статистического распределения малых интервалов времени). На основе схем совпадения также может быть осуществлен многоканальный метод измерения. При этом метод совпадения нередко реализуется в комплексе с аналоговым (конденсаторным) методом измерения.

Счетно-импульсный метод. Здесь в течение измеряемого промежутка времени нарастает число явлений (импульсов), следующих с постоянным интервалом. На счетно-импульсном методе основана работа счетно-импульсного хронометра.

Измеритель, построенный на принципе счета импульсов, состоит из двух основных элементов: источника электрических колебаний (задающего генератора) и пересчетной схемы. Первый вырабаты-

вает строго определенное число колебаний в секунду, а второй преобразует их в серию равностоящих прямоугольных импульсов и подсчитывает их число. По количеству прошедших в пересчетную схему импульсов определяют искомый отрезок времени.

СЧЕТНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ХРОНОМЕТРЫ

Задающим генератором в счетно-импульсном хронометре может быть любое устройство, обеспечивающее соответствующее значение частоты колебаний и ее стабильности. Частоту выбирают, руководствуясь необходимостью получения заданной точности измерения времени и разрешающей способности *ИВР*. Последняя определяется наименьшим отрезком времени, который способен измерять *ИВР*. При этом, чем выше требуемая разрешающая способность, тем больше счетных элементов понадобится для построения *ИВР*. В большинстве практических схем рефлексометров задающий генератор имеет кварцевую стабилизацию частоты (рис. 9).

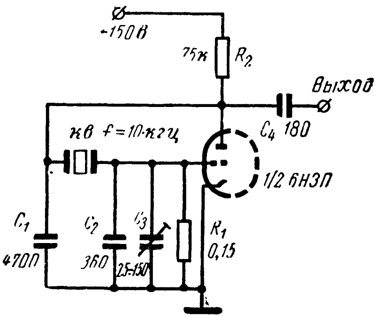


Рис. 9. Схема задающего генератора хронорефлексометра.

Вместе с тем следует учесть, что и простые генераторы гармонических колебаний с индуктивными реостатно-емкостными цепями обратной связи могут иметь стабильность порядка 10^{-3} при условии хорошего выполнения схемы и питания стабилизированным напряжением.

Работа пересчетной схемы основана на принципе счета импульсов триггерными ячейками с двумя состояниями устойчивого электрического равновесия.

Задача построения счетного устройства состоит в том, чтобы импульсами, подлежащими счету, переводить триггеры из одного состояния равновесия в другое. Для построения такого устройства триггерные ячейки соединяют в замкнутые кольца — декады. Выход каждой предыдущей декады соединяют со входом последующей, достигая при этом необходимого коэффициента пересчета. Так, если в пересчетную схему успел пройти только один импульс, то после отключения ее от задающего генератора в ней окажется опрокинутым первый триггер первой декады.

Если в пересчетную схему прошло девять импульсов, то после отключения ее от генератора окажется опрокинутым девятый триггер опять-таки первой декады. При прохождении 13 импульсов остаются опрокинутыми первая ячейка второй декады и третья ячейка первой декады, так как десятый импульс, опрокинув десятую ячейку первой декады, опрокидывает первую ячейку второй декады, а последующие три импульса опрокидывают третью ячейку первой декады и т. д. Следовательно, для отсчета измеряемого временно́го интервала достаточно знать, какие ячейки в декадах опрокинуты после отключения пересчетной схемы от задающего генератора.

При частоте задающего генератора 10 *кгц* пересчетную схему обычно составляют из четырех декад и электромеханического счетчика импульсов. Коэффициент пересчета такой схемы равен 10 000.

При поступлении на ее вход 10 000 *имп/сек* на выходе появится только один импульс, от которого сработает электромеханический счетчик. Таким образом, доли секунды отсчитываются по триггерным ячейкам декад, оставшихся опрокинутыми после отключения пересчетной схемы от задающего генератора, а целые секунды — по показаниям счетчика.

Пусть, например, в пересчетную схему поступило 2 785 импульсов и после ее отключения от генератора остались опрокинутыми вторая, седьмая, восьмая и пятая ячейки соответственно четвертой, третьей, второй и первой декад. В этом случае искомый промежуток времени составит 0,2785 *сек*.

Триггерные ячейки пересчетной схемы могут быть собраны на обычных электронных лампах с неоновыми лампочками в качестве индикаторов их опрокидывания. Однако *ИВР*, собранный на таких ячейках, имеет большие габариты.

В последнее время для промышленных счетных установок применяют очень компактные элементы: безканальные тиратроны МТХ-90 (МТХ-90Ц), декатроны и трохотроны. Последние приборы имеют размер обычной радиолампы, а выполняют функции целой пересчетной декады с ее сигнальными лампочками.

Пересчетные схемы на безканальных тиратронах. Безканальные тиратроны приобретают все большее значение в различных областях техники. Применение их для конструирования высокоточных *ИВР* долгое время тормозилось тем, что максимальная скорость счета импульсов в простейших кольцевых схемах, собранных на безнакальных тиратронах, ограничена временем их деионизации и не превышает нескольких сот импульсов в секунду. Советскому ученому Л. Н. Кораблеву (1956) впервые удалось разработать метод, позволяющий уменьшить ограничения, накладываемые временем деионизации ламп на скорость счета и разрешающую способность кольцевых схем. Пересчетные схемы на лампах МТХ-90 позволяют считать не менее 10 000 *имп/сек* и отличаются большой экономичностью.

Пересчетные схемы *ИВР* радиорефлексометров, как правило, состоят из «скоростных» и простейших кольцевых декад (рис. 10 и 11).

Работа схемы декады ПК-5 (рис. 10) сводится к следующему. Подлежащие счету импульсы в положительной полярности поступают одновременно на аноды всех ламп декады, поставленных в режим тихого разряда. В декаде зажжена всегда только одна лампа, допустим, $Л_2$. Пришедший импульс проходит через нее от анода к катоду и через конденсатор связи C_3 на вспомогательный электрод следующей лампы $Л_3$, у которой анодное напряжение повышено тем же импульсом. Одновременное скачкообразное повышение напряжений на аноде и вспомогательном электроде этой лампы создает условия для возникновения в ней разряда.

Ток лампы $Л_3$, пока не зарядится конденсатор C_4, будет большим. Это приведет к значительному падению напряжения на общем для всех тиратронов резисторе R_3 и, следовательно, к снижению напряжения $U_а$ на анодах тиратронов. Лампа $Л_2$ погаснет, так как напряжение между ее анодом и катодом $U_{а.к}=U_а-U_{с2}$ будет недостаточным для поддержания разряда. Постоянная времени цепи R_7C_2 выбрана так, чтобы неблагоприятные условия для зажигания лампы $Л_2$ были сохранены в течение времени ее деионизации.

Подлежащий счету очередной импульс аналогичным путем переведет разряд на следующую лампу, погасив ранее зажженную, и т. д.

Для развязки декады от источника импульсов применен катодный повторитель, работающий на лампе $Л_1$.

В декаде ПК-13 (рис. 11) также всегда зажжена только одна лампа, допустим, $Л_2$. Все подлежащие счету импульсы поступают

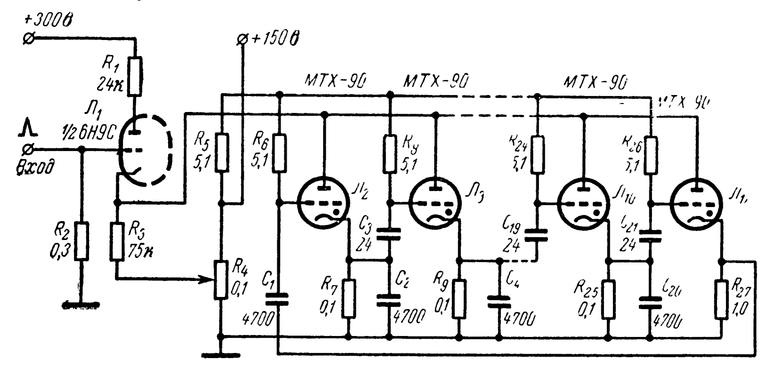


Рис. 10. Упрощенная схема пересчетной декады ПК-5.

на вспомогательный электрод входной лампы $Л_1$ и каждый раз поджигают ее. Импульс тока этой лампы, проходя через резистор R_3, понижает напряжение на анодной шине декады до величины, при которой ранее зажженная лампа гаснет, а снимаемый с ее анода положительный импульс поджигает очередную лампу $Л_3$.

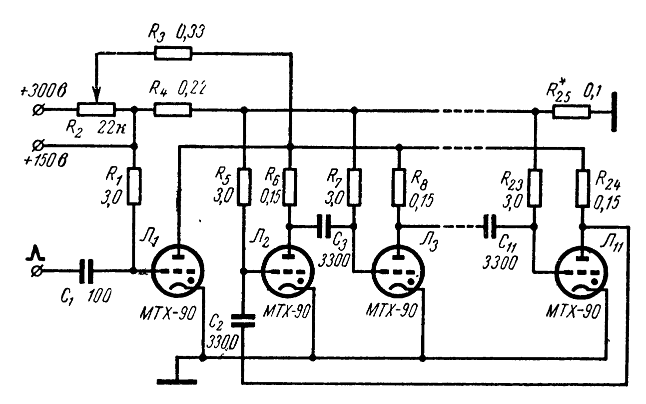


Рис. 11. Упрощенная схема пересчетной декады ПК-13.

Для нормального перехода разряда с одной лампы на другую длительность поджигающего импульса должна быть больше длительности гасящего импульса, т. е. постоянная времени в цепи вспомогательного электрода должна быть больше постоянной времени гасящей цепи.

Для стабилизации работы пересчетной схемы импульсам, подлежащим счету с помощью ограничителя амплитуды и триггеров, придают нужную амплитуду и прямоугольную форму.

Величина напряжений зажигания ламп МТХ-90, из которых комплектуются пересчетные декады, должна лежать в пределах: по аноду 130—150 *в*, по управляющему электроду 70—90 *в*. Декады комплектуются идентичными по параметрам зажигания лампами. Лампы одной декады можно считать идентичными, если разброс их параметров и по аноду и по сетке не превышает ±3 *в*.

Пересчетные схемы на декатронах. Целую кольцевую пересчетную декаду может заменить особая газонаполненная лампа — декатрон, в которой общий анод окружен десятью отдельными катодами. Внешний импульс, поступающий на вход лампы, перебрасывает разряд с одного катода на другой. Номер работающего («горящего») катода сигнализирует о числе поступивших импульсов. Предельная скорость счета пересчетных схем, работающих на декатронах, достигает 20 000 *имп/сек*.

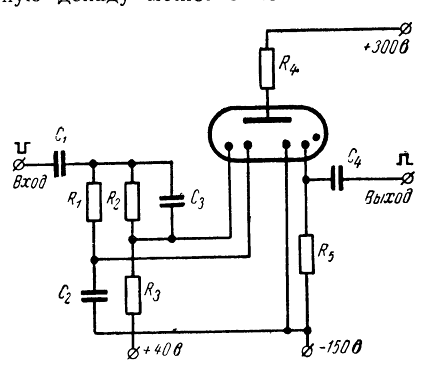


Рис. 12. Схема включения двухимпульсного декатрона ОГ-4.

Измерители времени рефлексометров, собранные на декатронах при частоте задающего генератора 10 *кгц*, содержат, как правило, четыре декады и электромеханический счетчик импульсов. По «горящим» катодам декатронов отсчитывают доли секунды, а по показаниям счетчика — целые секунды.

Каждая декада состоит из декатрона и управляющей схемы, формирующей импульсы для нормальной его работы. От формы импульсов зависит скорость работы декатрона. Чем ближе форма импульсов к прямоугольной, тем выше скорость их счета, так как быстрое установление амплитуды импульсов на электродах декатрона сокращает время перевода разряда с одного катода на другой.

На рис. 12 приведена схема включения двухимпульсного декатрона ОГ-4, имеющего скорость счета до нескольких тысяч импульсов в секунду.

В исходном состоянии в декатроне всегда устанавливается разряд между анодом и одним из индикаторных катодов, а все первые и вторые подкатоды находятся под положительным потенциалом. Подлежащий счету импульс в отрицательной полярности с амплитудой 160 *в* подается на группу первых подкатодов декатрона, повышая напряжения между ними и анодом. «Горящий» индикаторный катод, вблизи которого имеется облако свободных ионов и электронов, способствует возникновению разряда на соседнем первом подкатоде. Ток, проходящий через резистор R_4, понижает напряжение на аноде до величины, необходимой для прекращения разряда между ним и ранее «горевшим» индикаторным катодом. При этом разряд

на только что зажженном подкатоде не прекращается благодаря действию вышеуказанного отрицательного импульса.

Второй отрицательный импульс, поступающий на декатрон с некоторой задержкой, обусловленной постоянной времени цепочки R_1C_2, подается на вторые подкатоды, вызывая разряд между анодом и ближайшим к первому «горевшему» вторым подкатодом. После окончания действия второго импульса на втором подкатоде восстанавливается положительное смещение и разряд перемещается на ближайший индикаторный катод.

Очередной внешний импульс в том же порядке переведет разряд на следующий за «горящим» индикаторный катод и т. д.

Рассмотренная схема может быть использована в рефлексометре только для последних декад, имеющих небольшую скорость счета импульсов. Для «скоростной» декады применяют более сложную схему включения на декатроне ОГ-3, показанную на рис. 13.

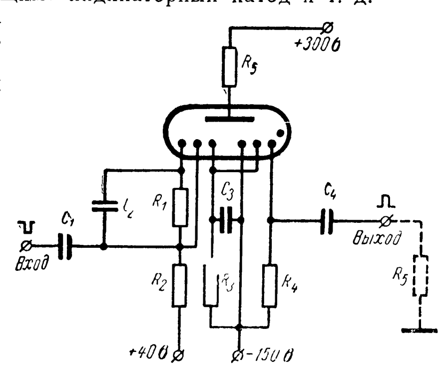


Рис. 13. Схема включения одноимпульсного декатрона ОГ-3.

Подлежащий счету импульс в отрицательной полярности, поданный на вход схемы, увеличивает разность потенциалов между анодом и всеми первыми и вторыми подкатодами. Так как для первого подкатода, находящегося вблизи «горящего» индикаторного катода, условия зажигания будут наиболее благоприятны, то на нем возникнет разряд. За счет возникшего тока в анодной цепи декатрона напряжение между анодом и «горящим» индикаторным катодом понизится до величины, при которой он гаснет. Повышение напряжения между анодом и первыми подкатодами, происходящее по мере заряда конденсатора C_2 током первого подкатода (при неизменной разности потенциалов между анодом и электродом, на который происходит разряд), сопровождается одновременно повышением потенциала анода. При достижении между анодом и вторыми подкатодами величины напряжения, необходимой для возникновения разряда, произойдет перенос разряда на второй подкатод, находящийся вблизи от «горящего» первого подкатода, и прекращение разряда на последний. Аналогичным образом процесс разряда со второго подкатода переносится на третий подкатод, а затем на ближайший индикаторный катод.

Подготовка схемы к отсчету очередного импульса происходит путем разряда конденсаторов C_2, C_3 и C_4 на параллельно им включенные резисторы.

Для некоторых схем измерителей времени весьма перспективно применение коммутаторных декатронов.

Пересчетная схема на трохотронах. Трохотрон — это счетная электронная лампа с электромагнитным управлением электронного луча. Принцип работы подобной электронной лампы основан на одновременном действии на электронный луч магнитного и электри-

ческого полей. Наибольший практический интерес для рефлексометрии представляет десятикамерный кольцевой трохотрон, в котором трохоидальный пучок формируется в области между катодом и переключающими электродами (лопатками). Камеры расположены симметрично вокруг цилиндрического катода. Каждая камера с двух сторон ограничивается лопатками, а с третьей стороны — пластинками (выходными электродами), находящимися под положительным потенциалом. Внутри каждой камеры имеется управляющий электрод.

При достаточно сильном магнитном поле эмиттируемые катодом электроны вращаются вокруг катода, не попадая ни на один из выходных электродов. Иными словами, рабочий режим кольцевого трохотрона соответствует режиму магнетронной отсечки.

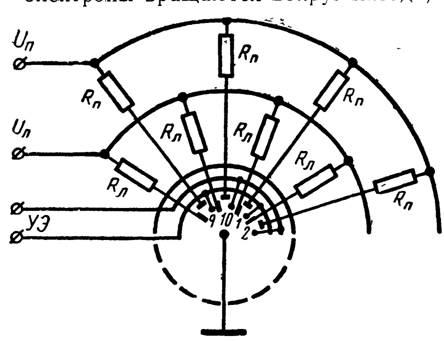


Рис. 14. Схема включения кольцевого трохотрона.

При подаче на одну из лопаток нулевого потенциала в этой части трохотрона напряженность поля уменьшится, в результате чего образуется потенциальный барьер, и часть вращающегося электронного облака направится в камеру, находящуюся под указанной лопаткой.

Переключение пучка в трохотроне из одной камеры в другую производится обычно понижением потенциала на управляющем или выходном электродах. Для надежного переключения пучка в пересчетных схемах предусматриваются формирователи управляющих сигналов. Самым распространенным формирователем, обеспечивающим надежную работу трохотрона, является двухтактный формирователь, основанный на триггере.

Схема пересчетной декады на кольцевом трохотроне показана на рис. 14.

Двухтактный формирователь представляет собой триггер с двумя устойчивыми состояниями электрического равновесия, с анодов лампы которого управляющие импульсы подаются на две группы управляющих электродов трохотрона. В одну группу соединяются все нечетные управляющие электроды, в другую — все четные.

При каждом опрокидывании триггера от внешних электрических импульсов образуемые на анодах его лампы перепады напряжения используются для переключения пучка в трохотроне на одно положение.

Трохотрон — один из самых совершенных современных десятичных счетчиков, однако его применение возможно лишь при условии использования в каждом счетном каскаде электронных ламп, которые необходимы в качестве вспомогательных элементов (управление и формирование импульсов).

Цифровые индикаторы. В современных пересчетных схемах для индикации результатов измерения времени применяют разнообразные цифровые индикаторы. С точки зрения использования в элек-

тронных хронорефлексометрах заслуживают внимания газоразрядные и электролюминесцентные цифровые индикаторы.

Примером первого типа индикатора служит цифровой индикатор тлеющего разряда ИН-1, наполненный неоном. Он состоит из одного сетчатого анода и десяти катодов, выполненных в форме цифр от 0 до 9. Цифрообразные катоды укреплены на стойках и изолированы друг от друга керамическими шайбами.

При подаче напряжения на выбранный катод между ним и сетчатым анодом возникает тлеющий разряд в неоне. Свечение цифрового символа наблюдается сквозь купол лампы.

Заслуживает внимания метод управления цифровой газоразрядной лампой от счетчика импульсов, основанный на применении десяти сигнальных неоновых ламп. При зажигании неоновой лампы освещается вентильный фотоэлемент, который управляет напряжением на соответствующем катоде цифровой газоразрядной лампы.

Электролюминесцентный цифровой индикатор выполняется в виде стеклянной пластины, на которую наносится прозрачный токопроводящий слой, служащий общим электродом. Этот слой покрывается тонким слоем фосфора, являющегося диэлектриком. На фосфор накладываются тонкие алюминиевые полосы, из которых может быть составлена любая из десяти цифр от 0 до 9. Каждая алюминиевая полоса имеет отвод и служит вторым электродом. Переменное напряжение между определенными элементами (полосами) второго электрода и общим электродом вызывает изменение напряженности поля в фосфорном слое, что приводит к его свечению.

К числу наиболее перспективных в настоящее время следует отнести счетно-импульсные хронометры с триггерными счетчиками, выполненными на полупроводниковых (плоскостных) триодах. Это, в частности, нашло отражение в конструкциях некоторых новейших хронорефлексометров.

В некоторых измерителях времени схемы кольцевого типа в последнее время вытесняются схемами, именуемыми «шестнадцать минус шесть», в основу которых положен принцип действия декад с обратными счетными связями. Эти схемы требуют меньшего числа триодов и превосходят схемы кольцевого типа по быстродействию и надежности. Отечественная промышленность в настоящее время серийно выпускает в качестве функциональных узлов (блоков) цифровых измерителей временных интервалов пересчетные декады (ИЗ-12, ИЗ-13), выполненные на транзисторах.

Пересчетная декада представляет собой четыре последовательно работающих триггера. Так как триггер имеет 2 устойчивых состояния, то четыре последовательно работающих триггера имеют 16 состояний, 6 из которых исключаются за счет введения обратных связей с четвертой ячейки на счетные входы второй и третьей ячеек. При поступлении последовательных импульсов на вход декады каждый из них устанавливает декаду в одно из десяти устойчивых состояний. Обратная связь срабатывает при поступлении на вход восьмого импульса. При поступлении десятого импульса декада возвращается в исходное состояние и с ее выхода снимается импульс, служащий для запуска следующей декады.

Выходной импульс снимается с эмиттерного повторителя, необходимого для развязывания четвертой ячейки декады от входной цепи следующей декады.

Максимальная частота пересчета: ИЗ-13 — 100 *кгц*, ИЗ-13 — 1 *Мгц*.

Декады запускаются импульсами положительной полярности с амплитудой: 2,5 *в* для декады типа ИЗ-12 и 4,0 *в* для декады типа ИЗ-13.

Амплитуда выходных импульсов для прибора типа ИЗ-12 не менее 2,5 *в*, для ИЗ-13 не менее 4,5 *в*.

При подаче на входы приборов ИЗ-12, ИЗ-13 импульсов с низкой частотой повторения (около 0,5 *гц*) обеспечивается последовательное высвечивание цифр индикаторных ламп от 0 до 9.

Габариты пересчетных декад 197×140×45 *мм*, вес 350 *г*.

В заключение необходимо подчеркнуть следующие преимущества счетно-импульсных хронометров как времяизмерительных устройств хронорефлексометров. Это большая относительная точность измерения; широкий диапазон измерений, более чем достаточный для удовлетворения нужд рефлексометрии; универсальность; применение счетно-импульсных хронометров для измерения малых интервалов времени, частоты, периодов, оборотов и т. п., что позволяет использовать их для методов нейротахометрии.

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ВРЕМЕНИ

Для лучших отечественных и зарубежных измерителей малых интервалов времени характерны следующие показатели: а) погрешность измерения — 0,1 *мксек*;[1] б) точность частоты — 10^{-7}; в) цифровая индикация; г) применение транзисторов; д) телеуправление блоком индикации результатов; е) возможность оттиска результатов; ж) выход на магнитное запоминающее устройство.

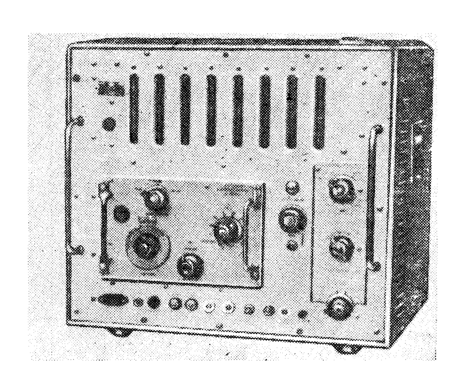


Рис. 15. Электронно-счетный частотомер ЧЗ-4.

К числу наиболее современной и совершенной аппаратуры для измерения интервалов времени следует отнести комплект отечественных приборов ЧКЗ-4. Он состоит из электронно-счетного частотомера ЧЗ-4 (рис. 15) с двумя сменными блоками, в том числе с блоком измерения интервалов времени. Для комплекта ЧКЗ-4 характерны высокая точность измерений, отсчет измеряемой величины непосредственно в цифровой форме, большая простота и удобство измерения, возможность автоматической записи результата измерений на ленте цифропечатающей машины (ЦПМ-1). Комплект может быть использован для измерения любых электрических и неэлектрических вели-

[1] Для измерителей времени хронорефлексометров подобная точность вовсе не обязательна.

чин, которые преобразуются в частоту или интервал времени при помощи несложных приспособлений.

Перспективно также использование с некоторой модернизацией для целей хронорефлексометрии электронно-счетного частотомера ЧЗ-11 (рис. 16).

Для калибровки и проверки времяизмерительных устройств электронных хронорефлексометров может быть рекомендован прибор с высоко чувствительным входом ИГ-1, выполненный на основе электронного микросекундомера ИВ-2С.

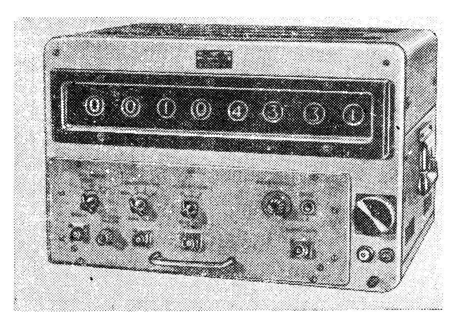


Рис. 16. Электронно-счетный частотомер ЧЗ-11.

К числу отечественных промышленных электронных измерителей времени, могущих быть примененными в комплексе с теле- и радиорефлексометрами (путем безынерционного подключения), относятся электронные миллисекундомеры МС-1, МСК-2, ДИИВ-1, а также пересчетные приборы ПС-16, ПС-20, ПС-100, ПП-6, ПС-5М, ПС-8 и др. При этом некоторые из перечисленных приборов, не имеющие собственного задающего генератора, модернизируются с учетом работы их с внешним источником стабилизированных колебаний (для этой цели может быть использован лабораторный генератор эталонных частот).

В последние годы быстро прогрессирует конструирование молекулярных и атомных измерителей времени, генераторы которых (квантовомеханические генераторы или мазеры) стабилизированы резонансным излучением микросистем (атома или молекулы). Эти генераторы, в отличие от генераторов, частота которых стабилизирована пьезокварцем, не требуют периодических проверок частоты. Молекулярные и атомные измерители интервалов времени отличаются чрезвычайно высокой точностью и надежностью.

Решающий вклад в разработку мазеров был внесен советскими учеными — лауреатами Нобелевской премии Н. Г. Басовым и А. М. Прохоровым, которые впервые разработали принцип построения мазера на пучке молекул аммиака.

Действие молекулярного генератора основано на том, что при пропускании пучка молекул, находящегося в верхнем энергетическом состоянии в объемном резонаторе, настроенном на частоту спектральной линии излучения молекул, возбуждаются колебания за счет этого излучения.

Выпускаемый советской промышленностью «Стандарт частоты молекулярный» не требует периодической проверки по первичному стандарту и позволяет в полном объеме производить исследование частот сигналов кварцевых генераторов. В основу стандарта положен принцип фазовой автоподстройки частоты кварцевого генератора по частоте молекулярного генератора на аммиаке.

Некоторые виды атомных мазеров основаны на постоянстве частоты излучения при переходе атома изотопа цезия с одного сверхтонкого уровня на другой.

Молекулярные и атомные измерители времени в течение ряда лет были представлены очень сложными, крупногабаритными установками; лишь в самое последнее время открылись перспективы для их миниатюризации.

Например, на основе применения так называемых отпаянных молекулярных регуляторов, не требующих непрерывной откачки вакуума, построен молекулярный генератор объемом всего 10 $дм^3$ и весом 9 *кг*, обеспечивающий точность не ниже $1 \cdot 10^{-9}$.

На основе мазера с оптическим управлением (рис. 17) созданы малогабаритные переносные атомные часы и портативные датчики времени. Так, например, серийно выпускаются атомные мазеры объемом не более 3 $дм^3$, обеспечивающие стабильность частоты выходного сигнала порядка $2 \cdot 10^{-8}$.

Рис. 17. Схема атомных часов на мазере с оптическим управлением.

1 — натриевая лампа; *2* — оптическая система; *3* — настроенный объемный резонатор; *4* — кварцевая колба; *5* — фотоэлемент; *6* — входной волновод; *7* — печь.

Изложенное дает основания рассчитывать, что в самом недалеком будущем молекулярные и атомные измерители времени будут использоваться и при конструировании электронных хронорефлексометров.

Глава III

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРОВ

БЛОКИ И СИСТЕМЫ РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ

Проблема источников раздражений, применяемых при электронной хроноскопии, едва ли не одна из самых сложных и комплексных. Она охватывает большой круг разнообразных вопросов. Мы ограничимся лишь некоторыми общими соображениями, медико-техническими рекомендациями и примерами.

Техническая сложность и многообразность проблемы обусловливаются тем, что условные рефлексы можно выработать на любое явление или изменение внешней среды, воспринимаемое тем или иным органом чувств. Более того, некоторые условные рефлексы можно выработать и на так называемые субсензорные раздражители, в действии которых человек не отдает себе субъективного отчета (раздражение ультразвуком и др.).

Условные реакции можно выработать не только на словесные (голосовые), звуковые, световые, цветовые, электрические, болевые,

температурные, тактильные, обонятельные, мышечно-суставные, вестибулярные, интероцептивные и другие виды раздражителей, но и на необъятное число их градаций (интенсивность, длительность, частота, ритм, участок предъявления и т. д.), сочетаний и комплексов.

Отсюда не удивительно, что блоки (стенды) раздражителей в современных крупных психологических, нейрофизиологических и рефлексометрических лабораториях по своим габаритам нередко в десятки раз превосходят все остальные блоки рефлексометрической установки, вместе взятые. Но даже эти «макроблоки» не в состоянии обеспечить некоторые специфические требования к раздражителям, которые могут возникнуть и возникают в ходе того или иного конкретного исследования.

Напрашивается вывод, что блок раздражителей не следует конструировать в качестве неотъемлемой части электронного хронорефлексометра. Этим следует руководствоваться также в отношении портативных и даже миниатюрных образцов приборов. Более того, каким бы разносторонним не разрабатывался блок раздражителей в схемах и конструкциях хронорефлексометров, необходимо предусматривать возможность подключения любых других электрических источников раздражения с автономным питанием.

Что касается самого блока раздражителей, то в современных установках, особенно претендующих на относительную универсальность, он должен обладать разносторонними возможностями, удовлетворять запросам наиболее распространенных методик и приемов рефлексометрии.

Блок раздражителей одной из новейших комплексных радиорефлексометрических установок, выполненный на транзисторах и имеющий небольшие габариты, позволяет формировать световые, звуковые и электрические сигналы. При этом предусмотрены следующие режимы работы раздражителей: одиночные и двойные ритмические импульсы; одиночные и двойные импульсы от кнопки (ключа экспериментатора); постоянное воздействие. Частота следования одиночных импульсов изменяется плавно в пределах 1—100 *гц* с точностью ±5% для светового и звукового раздражителя и 1—1 000 *гц* с точностью ±5% для электрического раздражителя. Длительность одиночных импульсов изменяется в пределах 5—2 000 *мсек* с точностью ±10%. В режиме двойных импульсов интервал между ними регулируется от 25 до 1 000 *мсек* с точностью ±10%.

В световом раздражителе имеется возможность изменения интенсивности свечения источника раздражения, а в звуковом — регулировки частоты в пределах 50—15 000 *гц*, интенсивности звука в пределах 0,5—60 *дб*.

Кроме того, рассматриваемый блок раздражителей рассчитан на:

а) автоматическое предъявление в качестве раздражителей изображений, проецируемых на экран (имеется выход на диапроектор, кинопроектор, телевизионную трубку и т. п.);

б) автоматическое выключение источника условного сигнала началом реакции испытуемого или «вручную» экспериментатором;

в) подачу комплексных раздражителей типа НС, H_1H_2 и др.;

г) программированную подачу словесных и непосредственных раздражителей (с помощью магнитофонной приставки);

д) радиоуправление звуковыми и световыми раздражителями

при исследовании в условиях большого и меняющегося расстояния между экспериментатором и испытуемым.

Рассматриваемая установка располагает возможностью подключения вообще говоря любых электрических источников раздражения с автономным источником питания.

Для предъявления температурных раздражителей (тепловых и холодовых) можно использовать термоэлектрический эффект Пельтье. Суть эффекта заключается в том, что при пропускании постоянного тока через полупроводниковый термоэлектрический датчик (термоэлемент) на одном его конце происходит поглощение тепла, а на другом — выделение; при перемене направления тока происходит обратный эффект.

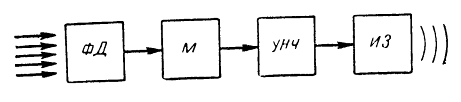


Рис. 18. Блок-схема светощупа тифлорефлексометра.

ФД — фотодатчик; *М* — мультивибратор; *УНЧ* — усилитель низкой частоты; *ИЗ* — источник звука.

Во второй половине 50-х гг. у нас и за рубежом особенно в неврологических исследованиях, получили распространение методы хронорефлексометрии, рассчитанные на применение светового раздражителя, специально освещающего тот или иной участок сетчатки, Для этой цели, наряду со специальными, применяются обычные хронорефлексометры в комплексе с электропроекционными периметрами, на которых устанавливается соответствующий источник светового раздражения. В этих случаях бывает выгодно использовать теле- и радиорефлексометры, так как они позволяют испытуемому автоматически выключать источник светового раздражения (световое пятно, луч периметра) словесной реакцией, наиболее адекватной для данного вида исследования.

В последние годы успешно ведутся важные в теоретическом и практическом отношении исследования по выработке условных реакций на основе предъявления ультразвуковых раздражителей. Оригинальный метод исследования у слепых условных рефлексов, вырабатываемых на световой раздражитель, опосредованный через звук, предложен авторами данной книги на основе применения сконструированного ими специального хронорефлексометра (***тифлорефлексометр***). Для этой цели в приборе установлен специальный светощуп (рис. 18), действующий по принципу преобразования световых сигналов в звуковые, усилитель звуковой частоты и динамический громкоговоритель, с выхода которого сигнал воздействует на испытуемого и поступает на электронный ключ для включения измерителя времени.

Современные радиорефлексометры и некоторые другие электронные хронорефлексометры позволяют точно измерять скорость реакции на так называемые «естественные» раздражители. Например, при исследованиях в области спортивной медицины это такие раздражители как выстрел стартового пистолета, ракетный сигнал (у бегунов, пловцов) или изменение положения самолета (крен), скорость набегания земли, момент выравнивания самолета, момент приземления (у летчиков спортивных самолетов).

Наиболее перспективное направление в предъявлении раздражителей, получившее распространение в последние годы — применение обратной связи, регулируемой биоэлектрическим или кожно-гальваническим компонентом реакции испытуемого. Примером может слу-

жить установка П. В. Симонова и И. С. Иванова, в которой скорость смены кадров диафильма автоматически регулируется возникновением и продолжительностью кожно-гальванической реакции (рис. 19), т. е. кожно-гальваническая реакция влияет на длительность предъявления раздражителей.

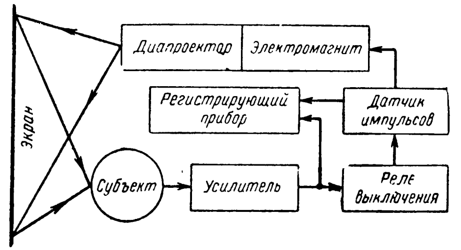


Рис. 19. Блок-схема демонстрационного устройства, где смена кадров автоматически регулируется кожно-гальванической реакцией наблюдателя.

Одной из важных технических проблем, относящихся к рассматриваемому вопросу, является обеспечение одновременности предъявления раздражителя и включения времяизмерительного устройства хронорефлексометра. О д н о в р е м е н н о с т ь, а не безынерционность предъявленного раздражителя, как таковая, определяет точность так называемого нулевого отсчета при временном анализе реакции. Если конструктор будет стремиться к безынерционности включения раздражителя, не считаясь, с тем, что времяизмерительное устройство включается с запозданием (например, за счет времени срабатывания реле), он не устранит, а, наоборот, *увеличит* ошибку отсчета. Но этой ошибки не будет, если источник раздражения и измеритель времени реакции будут включаться с *одинаковым* запозданием после пускового сигнала экспериментатора.

Однако есть важная причина, из-за которой инерционность светового, звукового и электрического источников раздражения нежелательна. Имеется в виду нередко встречающееся в исследованиях предъявление этих раздражителей в частом ритме (при минимальном интервале между двумя последовательными раздражителями).

Рис. 20. Схема питания источников раздражения.

Критическая частота так называемого «слияния» последовательных раздражителей (например, критическая частота слияния мельканий светового раздражителя) обратно пропорциональна их инерционности.

Например, из существующих источников света относительно малую инерционность зажигания имеют газоразрядные лампы, что определяется небольшим временем ионизации наполняющих их газов. В лампах МТХ-90 это время может не превышать 10^{-5} *сек.* В связи с этим упомянутые и им подобные лампы предпочтительней для исследований, связанных с предъявлением светового раздражителя в частом ритме. Однако недостатком газоразрядных ламп яв-

ляется отсутствие у них ряда важных информационных характеристик (например, отсутствие возможности регулирования яркости, монохроматичность излучения и др.).

Для маломощных источников раздражений, например неоновых ламп, динамиков, наушников, электрических звонков, питание целесообразно предусматривать непосредственно от электронных схем, обеспечивающих скачкообразное изменение амплитуды питающего напряжения.

На рис. 20 показаны примерные схемы питания газоразрядного источника светового раздражения и динамического громкоговорителя. В исходном состоянии питающие лампы заперты внешним постоянным отрицательным напряжением, действующим на их управляющих сетках. При поступлении на них прямоугольных импульсов положительной полярности лампы отпираются практически безынерционно на время их действия и подают питание на подключенные к ним источники раздражений. Мощность этих источников не должна превышать допустимой мощности рассеивания на аноде лампы. Иногда для увеличения мощности питающие лампы соединяют в параллель.

СИНХРОНИЗАТОРЫ

Назначение синхронизатора состоит в том, чтобы при определенных воздействиях экспериментатора и испытуемого на рефлексометр синхронно включать и выключать раздражитель и измеритель времени реакции.

Требования к синхронизатору. Синхронизатор должен обладать двумя устойчивыми режимами работы, обеспечивающими надежное включение и выключение источника раздражения и измерителя времени реакции. Инерционность синхронизатора желательно иметь не более 10^{-4} *сек.* Синхронизация в работе источника раздражения и измерителя времени при их включении должна быть также не ниже 10^{-4} *сек.* Синхронизатор должен быть легко управляемым различными сигналами, поступающими от экспериментатора и испытуемого через соответствующие датчики (замыкание и размыкание контактных устройств, электрические импульсы, биотоки мышц, словесные сигналы и т. п.).

Схема синхронизатора должна быть рассчитана на телеуправляемость и возможно безынерционное подключение дополнительного измерителя времени. В необходимых случаях синхронизатор должен выполнять функции дополнительного формирователя управляющих сигналов.

В рефлексометрии существуют три типа синхронизаторов: электромеханические, электронномеханические и электронные.

Электромеханический синхронизатор. Широко распространенным синхронизатором этого типа является обычное электромагнитное реле, у которого обмотка и сердечник относятся к управляющей части, а якорь и контакты — к исполнительной. С помощью контактных групп реле можно включить и выключить практически любые источники раздражения и измерители времени, работающие от электрического тока.

Чтобы обеспечить независимость работы реле от длительности управляющего сигнала, т. е. сохранить контактные группы в том положении, которое они занимают после срабатывания реле, одна из нормально разомкнутых пар используется для его самоблокировки.

Ответное действие испытуемого используется для нарушения цепи самоблокировки реле, что приводит к его обесточиванию и выключению источника раздражения и измерителя времени.

Основной недостаток электромеханических синхронизаторов — инерционность их действия, которая препятствует уменьшению, с одной стороны, — разрешающей способности, а с другой, — общей погрешности измерения времени реакции. Тем не менее их применение для некоторых рефлексометрических схем оказывается наиболее целесообразным.

Управляющие сигналы для электромеханических схем, как правило, должны обладать относительно большой мощностью. При слабом сигнале требуется электронный усилитель мощности, в результате чего синхронизатор приобретает вид электронномеханического устройства.

Электронномеханический синхронизатор. Схема этого устройства, собранная на лампе и электромагнитном реле, приведена на рис. 21.

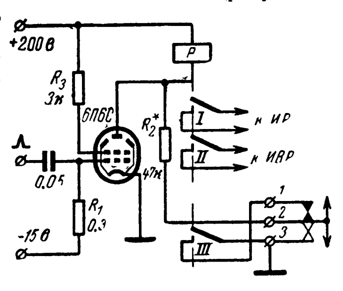


Рис. 21. Схема электронномеханического синхронизатора.

Контактные пары реле *I* и *II* предназначены для включения источника раздражения и времяизмерительного устройства. Контактная пара *III* совместно с подключенным к зажимам *1—2* нормально замкнутым контактным устройством используется для самоблокировки реле. Последняя необходима для обеспечения независимости работы схемы от длительности воздействия на нее со стороны экспериментатора.

Схема устройства имеет три входа, два из которых связаны с цепью самоблокировки реле, а третий — с управляющей сеткой лампы. Два входа (зажимы *1—2* и *2—3*) предназначены для подключения контактных датчиков, воспринимающих механические воздействия со стороны экспериментатора или испытуемого. Третий вход предназначен для работы с маломощными электрическими сигналами, также поступающими от экспериментатора или от испытуемого.

В исходном состоянии режим лампы подбирается так, что при отсутствии сигнала на ее управляющей сетке величина анодного тока близка к пороговому уровню срабатывания реле. Приведение реле в действие может быть осуществлено двумя способами: положительным импульсом, поданным на управляющую сетку лампы, и замыканием нормально разомкнутого контактного устройства, подключенного к цепи самоблокировки реле через зажимы *2—3*.

При первом способе электрический импульс положительной полярности, поступивший от датчика экспериментатора на управляющую сетку лампы, увеличит ее анодный ток, реле сработает и включит источник раздражения и времяизмерительное устройство. В момент срабатывания реле через его обмотку, контактную пару *III*, резистор R_2 и нормально замкнутое контактное устройство потечет блокировочный ток. Этот ток, устанавливаемый подбором резистора R_2, недостаточен для удержания якоря реле в притянутом положении, а в сумме с начальным анодным током лампы он обеспечивает устойчивую работу реле. Выключение *ИР* и *ИВР* испытуемым

осуществляется при воздействии на нормально замкнутое контактное устройство, благодаря чему цепь самоблокировки реле разрывается и оно возвращается в исходное состояние.

При втором способе механическое воздействие (со стороны экспериментатора) на нормально разомкнутое контактное устройство приводит к срабатыванию реле и включению *ИР* и *ИВР*. Испытуемый может возвратить реле в исходное положение двояко: механическим воздействием на нормально разомкнутое контактное устройство (как при первом способе) или воздействием (с помощью электрического импульса отрицательной полярности) на сетку лампы. В последнем случае лампа частично запрется, ее ток уменьшится и в сумме с блокировочным током окажется недостаточным для удержания якоря реле в притянутом положении.

Очевидно, что схема будет отвечать своему назначению, если длительность воздействия на нее со стороны экспериментатора не будет превышать измеряемое время реакции испытуемого. В противном случае произойдет повторное включение *ИР* и *ИВР*. Для работы с этой схемой рекомендуются кратковременные (импульсные) воздействия.

Электронный синхронизатор. В качестве управляющего элемента электронных синхронизаторов применяют спусковое устройство с двумя устойчивыми состояниями электрического равновесия (электронный ключ), а в качестве исполнительных элементов — электронные лампы, включаемые в цепи питания источника раздражения и измерителя времени и выполняющие роль соединительных звеньев. Отсутствие электромеханических узлов в схеме позволяет свести время десинхронизации в работе источника раздражения и измерителя времени до пренебрежимо малых значений.

Спусковое устройство предназначено для фиксации начала и конца того или иного явления путем изменения режима работы указанных электронных ламп. В одном случае оно отпирает, в другом — запирает эти лампы, соответственно обеспечивая включение и выключение одновременно источника раздражения и измерителя времени реакции.

Основное свойство спускового устройства с двумя состояниями устойчивого электрического равновесия состоит в способности неограниченно долго сохранять каждое из этих состояний. Переход из одного состояния в другое (опрокидывание схемы) может произойти только от внешнего электрического импульса. Промежуточное состояние представляет собой переходный процесс, которым при рефлексометрии можно пренебречь, так как он совершается лавинообразно и длится очень короткое время.

В качестве приборов для спусковых устройств в синхронизаторах применяются газоразрядные и электровакуумные лампы.

В синхронизаторе, схема которого изображена на рис. 22, спусковое устройство выполнено на триоде $Л_1$ и тиратроне $Л_2$, а исполнительный элемент (для управления *ИР* и *ИВР*) — на двойном триоде $Л_3$. Зажигание тиратрона $Л_2$ происходит от внешнего электрического сигнала положительной полярности, воздействующего на его сетку, находящуюся под небольшим отрицательным потенциалом, снимаемым с резистора R_5. Тот же эффект достигается, если сетку тиратрона с помощью любой контактной пары соединить с катодом и тем самым свести к нулю отрицательный потенциал.

После зажигания управляющее действие сетки прекращается, и тиратрон в таком состоянии может находиться до тех пор, пока дру-

гой внешний импульс не погасит его, т. е. переведет в другое устойчивое состояние равновесия.

Погасить тиратрон можно или уменьшением его анодного напряжения до величины, меньшей, чем требуется для поддержания горения дуги, или таким понижением потенциала сетки, при котором слои пространственного заряда около отдельных ее элементов сольются между собой, и сетка перестанет быть экранированной положительными ионами. Однако последний способ прерывания тока в тиратроне на практике не применяется.

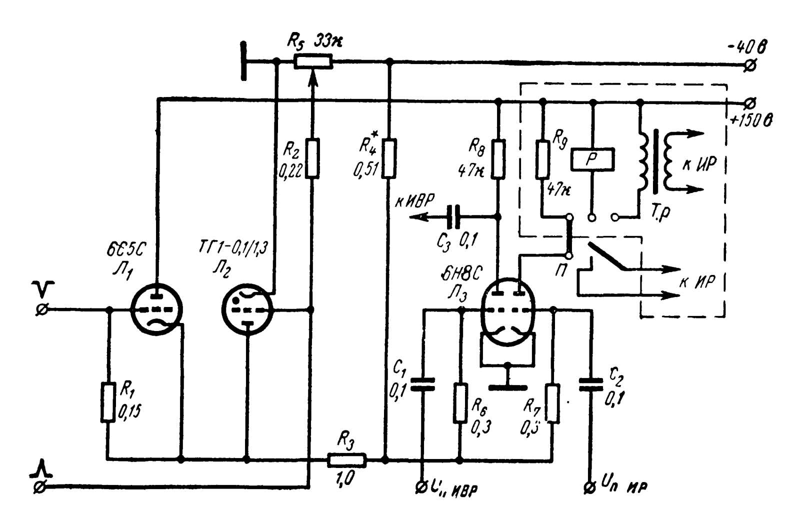


Рис. 22. Схема электронного синхронизатора на газоразрядной лампе.

Уменьшить анодное напряжение тиратрона можно путем увеличения ограничительного сопротивления в его анодной цепи. В качестве ограничительного сопротивления применяют трехэлектродную лампу $Л_1$ (рис. 22), внутреннее сопротивление которой легко изменяется электрическими сигналами, подаваемыми на ее управляющую сетку. При действии отрицательного импульса внутреннее сопротивление лампы $Л_1$ увеличится, напряжение на аноде тиратрона уменьшится, и он гаснет.

В исходном состоянии, при зажженном тиратроне, обе половины лампы $Л_3$ заперты внешним отрицательным напряжением. Источник раздражения, подключаемый к правой половине, и измеритель времени, подключаемый к левой половине лампы $Л_3$, выключены. Когда тиратрон погаснет, анодный ток лампы $Л_1$ пойдет по цепочке R_3, R_4, R_5 и создаст на двух последних ее звеньях положительное по отношению к сеткам $Л_3$ напряжение, лампа отопрется, источник раздражения и измеритель времени начнут действовать. При зажигании тиратрона схема возвратится в исходное состояние, *ИР* и *ИВР* выключатся.

Для расширения ассортимента подключаемых к синхронизатору источников раздражения выход правой половины лампы $Л_3$ с по-

мощью переключателя *П* (на три положения) переключают на различные виды нагрузок.

При первом положении переключателя нагрузкой служит резистор R_9, параллельно которому подключают маломощные источники раздражения, например неоновую лампочку. При втором положении нагрузкой служит обмотка реле, через контакты которого подключают любые источники раздражений, работающие от электрического тока. При третьем положении нагрузкой служит трансформа-

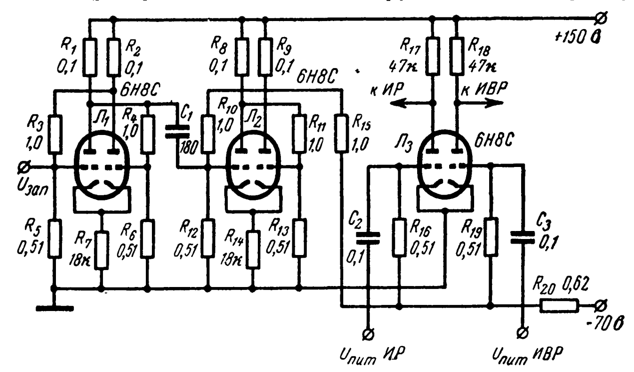


Рис. 23. Схема универсального синхронизатора.

тор, к вторичной обмотке которого подключают источники раздражения, питающиеся переменным током (громкоговоритель, наушники, звуковая катушка, электрический звонок, маломощная лампа накаливания).

Переменное напряжение на сетку правой половины лампы $Л_3$ ($U_{п.ИР}$) подается лишь в том случае, если источник раздражения рассчитан на работу от переменного тока.

В синхронизаторе, схема которого изображена на рис. 23, спусковое устройство выполнено на двойном триоде $Л_2$, а исполнительный элемент (для управления *ИР* и *ИВР*) — на двойном триоде $Л_3$. Спусковое устройство представляет собой симметричную триггерную схему с двумя состояниями устойчивого электрического равновесия. Для опрокидывания триггера достаточно подать кратковременный электрический сигнал отрицательной или положительной полярности на управляющую сетку соответственно отпертой или запертой половины лампы $Л_2$. То же самое получится, если нарушить симметрию триггера, например замкнуть накоротко вход отпертой лампы.

В исходном состоянии, когда правая половина $Л_2$ отперта, потенциалы управляющих сеток лампы $Л_3$ оказываются ниже напряжения запирания за счет внешнего отрицательного смещения. Обе половины лампы $Л_3$ заперты, источник раздражения и измеритель времени выключены. При опрокидывании триггера отрицательное смещение на управляющих сетках лампы $Л_3$ компенсируется увеличившимся напряжением на аноде правого триода $Л_2$, обе половины лампы $Л_3$ отопрутся и включат источник раздражения и измеритель времени. Возвращение триггера в исходное состояние приведет к запиранию лампы $Л_3$ и выключению *ИР* и *ИВР*.

Для прекращения отсчета времени реакции и выключения *ИР* сигналами испытуемого, независимо от длительности запускающих сигналов экспериментатора, описываемый синхронизатор снабжен дополнительным или запускающим триггером с двумя устойчивыми состояниями электрического равновесия. Этот триггер, собранный на лампе $Л_1$, аналогичен основному триггеру. При опрокидывании запускающего триггера опрокидывается основной триггер, в результате чего происходит вышеописанный процесс включения *ИР* и *ИВР*. Возвращение основного триггера может быть осуществлено независимо от длительности импульса, действующего на запускающий триггер. Сигналы экспериментатора подводятся к запускающему, а сигналы испытуемого — к основному триггеру.

ДАТЧИКИ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ

При управлении электронным хронорефлексометром экспериментатор и испытуемый пользуются различного рода датчиками, воздействующими на прибор в начале и конце измеряемого интервала времени.

Датчики, которыми пользуется экспериментатор, запускают *ИВР* одновременно с подачей того или иного сигнала. Датчики, которыми пользуется исследуемый, останавливают *ИВР* и в некоторых случаях автоматически выключают источник сигнала.

Разнообразие условий экспериментов по исследованию человека и животных диктует необходимость конструирования универсального *ИВР* с входным устройством, рассчитанным на один унифицированный сигнал. Преобразование сигнала конкретного датчика в сигнал нужной формы должно осуществляться специальным блоком, который может быть выполнен в виде отдельной приставки или составлять неотъемлемую часть электронного хронорефлексометра[1].

В связи с изложенным датчики, применяемые или могущие найти применение при пользовании электронными хронорефлексометрами, практически можно разделить на четыре группы: контактные датчики, работающие на замыкание и размыкание; ларингофоны (микрофоны); биоэлектрические датчики; все остальные типы датчиков, способные во взаимодействии с блоками — приставками подавать на синхронизатор хронорефлексометра сигналы соответствующей формы (тензометрические, фотоэлектрические, пьезоэлектрические, термоэлектрические «радиодатчики», сцинтилляционные датчики и др.).

Преобразующие блоки датчиков первых трех групп являются неотъемлемой частью современных радиорефлексометров. Что касается датчиков четвертой группы, то на данном этапе рефлексометрической техники их объединяет необходимость иметь соответствующую блок-приставку для каждого типа датчика. Применительно к некоторым из них (тензометрический, фотодиодный, отдельные «радиодатчики») такие приставки уже сконструированы.

К контактным датчикам относятся разнообразные контактные устройства (пары электрических контактов). Эти устройства, подключенные к соответствующим гнездам рефлексометров, становятся

---

[1] Принцип ориентации на один унифицированный сигнал и блок-приставки положен в основу расчета входных устройств подавляющего большинства типов счетно-импульсных хронометров, применяемых в различных областях науки и техники.

составной частью приборов. Их замыкание (размыкание) вызывает скачкообразные изменения напряжения и тока в схеме прибора, используемые для включения или выключения *ИВР*.

Наиболее простым и распространенным из датчиков этого рода является так называемый «реакционный» ключ, по своей конструкции аналогичный обычному телеграфному ключу, но значительно более чувствительный.

Для запуска или остановки *ИВР* теле- и радиорефлексометров достаточно лишь на мгновение соприкоснуть соответствующие контакты ключа. Максимальный ток, который возникает в цепи при замыкании контактной пары, не превышает 0,1 *ма*. Поэтому непосредственное прикосновение испытуемого к этим контактам не связано с какими-либо субъективными ощущениями, вызываемыми электрическим током.

Перечисленные особенности создают многообразные выгодные возможности для использования рассматриваемой группы датчиков в рефлексометрии [1].

Особая роль ларингофонов (микрофонов) как датчиков прежде всего определяется тем огромным значением, которое придается исследованию реакций типа Н-С, С-Н и С-С.

Специфическое назначение ларингофонов и микрофонов сводится к запуску или остановке *ИВР* посредством слова (голоса) и измерению звуковой интенсивности словесной (голосовой) реакции показывающими приборами, регистрации словесной (голосовой) реакции с помощью осциллографов или других самописцев [2]. Однако значение таких датчиков, особенно ларингофонов, отнюдь этим не исчерпывается.

Счетное устройство теле- и радиорефлексометров включается или останавливается также и при таких влияниях на ларингофон, как, например, легкое прикосновение к нему или к предмету, с ним контактирующему (действие воздушной струи и др.).

В зависимости от задач эксперимента *ИВР* может автоматически запуститься не только началом, но и концом перечисленных воздействий на ларингофон.

Рассмотренные возможности позволяют применять ларингофоны в качестве датчиков при многих методиках и приемах исследования условных и безусловных рефлексов. В зависимости от конкретных задач и специфических условий исследования ларингофон иногда

---

[1] В частности, обеспечивается возможность остановки *ИВР* началом движения пальца испытуемого. При этом в качестве контакта служит станиолевая пластина, приклеенная к кончику пальца. В случае, если реагирующая кисть свободно расположена в пространстве, пластинки необходимо приклеить к кончикам двух пальцев (например, указательному и большому).

[2] При использовании микрофонов и ларингофонов наблюдается погрешность, зависящая от звуковой характеристики начального слога словесного сигнала или ответной словесной реакции. Согласно исследованиям американских ученых, величина этой погрешности не превышает 2 *мсек*. Следует также учесть, что современные методы исследования словесных реакций, как правило, предусматривают различные меры для практического устранения влияния подобной погрешности (магнитофонная приставка, серийное применение одних и тех же словесных реакций и др.).

применяется в комбинации с теми или иными добавочными приспособлениями. Примером может служить датчик для регистрации письменных реакций (скриптофон), представляющий собой пластмассовый карандаш с вмонтированным в него вместо графита миниатюрным ларингофоном (рис. 24). Принцип устройства ларингофона положен в основу датчика (рис. 25) специального рефлексометра для слепых (тифлорефлексометра), регистрирующего скрытый период чтения слова, обозначенного рельефным шрифтом. На основе герметического вибродатчика, близкого по принципу устройства к ларингофону, разработаны методы нейротахометрии и временного анализа положительной или тормозной двигательной реакции человека.

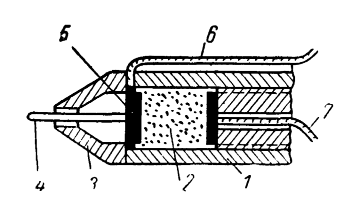


Рис. 24. Устройство скриптофона СФ-2.

1 — пластмассовый корпус; *2* — угольный порошок; *3* — съемная крышка; *4* — пишущее острие; *5* — мембрана; *6, 7*—токоотводящие выводы.

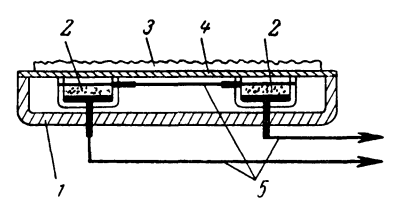


Рис. 25. Устройство датчика тифлорефлексометра.

1 — пластмассовый корпус; *2* — ларингофонные ячейки; *3* — лист с рифленым шрифтом; *4* — пластина; *5* — соединительные провода.

Следует подчеркнуть, что ларингофон при достаточной для очень многих исследований чувствительности отличается большой помехоустойчивостью. С ним можно экспериментировать в условиях сильного шума. Пользование им не ограничивает подвижности исследуемого. Например, при регистрации словесной реакции человек может находиться в движении — это не сказывается на включении или выключении времяизмерительного устройства.

Перечисленные особенности ларингофонов в сочетании с доступностью обусловили их широкое применение, хотя для некоторых исследований, требующих особой точности, приходится пользоваться более сложными и менее инерционными датчиками.

Радиорефлексометры комплектуются угольными ларингофонами или угольными микрофонами.

В ларингофонах, благодаря изменению плотности, а следовательно, и электрического сопротивления угольного порошка, вызываемого колебанием мембраны, звуковая энергия преобразовывается в электрическую. Вследствие этого протекающий через ларингофон постоянный ток будет также изменяться. Этот так называемый пульсирующий ток подвергается в дальнейшем усилению и формированию, с тем чтобы придать электрическим сигналам нужные параметры.

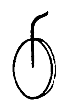
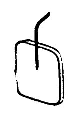
Ларингофон своей верхней крышкой соприкасается с какой-либо вибрирующей под влиянием колебаний гортани частью шеи или лица. Крышка передает колебания мембране ларингофона. Являясь вибродатчиком, ларингофон мало чувствителен к посторонним воздушным шумам. Шумы действуют не только на поверхность ларин-

гофона, но и на близко расположенные ткани: это частично компенсирует действие шумов.

Новейшие радиорефлексометры рассчитаны на применение не только угольных, но и электродинамических микрофонов и ларингофонов (например, ЛЭМ-3).

С самой лучшей стороны зарекомендовали себя в качестве заменителей ларингофонов датчики слуховых аппаратов (ТМ-2М, 66п). Эти датчики, являющиеся объектом массового производства, сочетают в себе такие достоинства, как высокая чувствительность, миниатюрность, экономичность и доступность.

Биоэлектрические (миоэлектрические) датчики служат для восприятия биопотенциалов мышц. Они необходимы для временного анализа биоэлектрического компонента непосредственных и словесных реакций. Эти датчики (специальные электроды) накладываются на соответствующие участки тех мышц, которые принимают участие в интересующей реакции (двигательной, словесной, мигательной). Экранированными проводниками электроды соединяются с входом усилителя биопотенциалов, который выполняется в виде приставки к одним радиорефлексометрам или представляет собой неотъемлемую часть других.

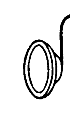


Рис. 26. Формы миоэлектрических электродов.

Сконструированы соответствующие усилители, собранные как на электронных лампах, так и на полупроводниковых приборах.

Электроды чаще всего изготовляются из серебра. Они могут иметь различную форму (рис. 26) и размеры. На каждую мышцу накладывают два электрода. В каждом конкретном случае необходимо стремиться к оптимальным диаметру электродов и размерам межэлектродного расстояния. Для постоянного и надежного электрического контакта в месте отведения биоэлектрического сигнала электроды смазываются специальной пастой; в последнее время для этой цели с успехом применяются также некоторые сорта липких токопроводящих полимеров.

Важным является вопрос о выявлении оптимального участка для отведения миоэлектрических сигналов. Для этой цели можно рекомендовать несложный портативный прибор для определения биоэлектрической активности мышц в процессе тренировки их с целью управления биоэлектрическими протезами.

К числу биоэлектрических следует отнести и датчики, применяемые для восприятия кожно-гальванической реакции.

Что касается датчиков, входящих в четвертую (многотипную) группу, то они (особенно, емкостные, пьезоэлектрические и термоэлектрические) неоднократно и подробно описывались в специальной и научно-популярной литературе. Поэтому мы коснемся лишь некоторых из вышеперечисленных датчиков этой группы и ограничимся отдельными замечаниями, отвечающими специфическим запросам электронной хронорефлексометрии.

Действие тензометрических (проволочных) датчиков основано на свойстве металлического проводника изменять свое активное сопротивление при деформации.

Такие датчики представляют собой зигзагообразно уложенную металлическую проволоку диаметром 25—30 *мк*, оклеенную с двух сторон тонкой бумагой (рис. 27,*а*). Наблюдается линейная зависи-

мость между величиной деформации и изменением активного сопротивления. Тензочувствительность датчиков не зависит от знака деформации. Они очень экономичны, их вес, габариты и инерционность весьма невелики. Поэтому, несмотря на малое относительное изменение сопротивления, большую температурную и «влажностную» погрешности, эти датчики заслуженно пользуются особым вниманием у конструкторов электронных хронорефлексометров и, в частности, радиорефлексометров. Уже накоплен немалый опыт по их использованию для измерения малых интервалов времени в других областях науки и техники.

Приведем одну из простых схем включения тензодатчика во входную цепь электронного хронорефлексометра (рис. 27,*б*).

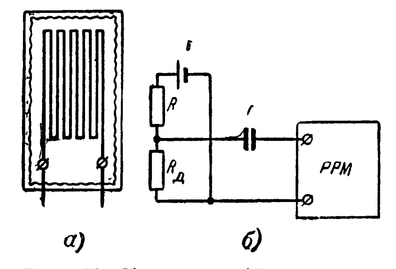


Рис. 27. Устройство (*а*) тензометрического датчика и возможная форма его включения (*б*) во входную цепь электронного хронорефлексометра.

Известны три основных типа фотоэлектрических датчиков, основанных на фотоэффекте: внешнем (датчики с вакуумными и газонаполненными фотоэлементами, фотоумножителями), внутреннем (фоторезисторы), вентильном (селеновые фотоэлементы, фотодиоды, фототриоды).

Каждым из этих типов и разновидностей фотоэлектрических датчиков можно создать импульс для управления измерителем времени реакций. В связи с этим многие из них используются у нас и за рубежом для тех или иных методов электронной хронорефлексометрии.

Так, в описанном нейротахометре НТ-1 (см. рис. 44) в качестве основного датчика используется фотодиод (ФД-3, ФД-1), что позволяет измерять в трехмерном пространстве скорость различных реакций, их длительность и частоту.

Следует обратить внимание на то, что при элементарно простой модернизации схемы прибора НТ-1 можно с помощью того же фотодиодного датчика обеспечивать совместное измерение в трехмерном пространстве скорости положительной и тормозной реакций (в период одного реагирующего движения) — так, как это осуществляется с помощью биопотенциального и некоторых других датчиков. При этом, по-видимому, могут быть использованы некоторые преимущества фотодатчиков.

Устройство и схема включения фотодиода показаны на рис. 28.

Преимуществом фотодиодов перед другими, в том числе вентильными фотоэлементами, является линейность их световой характеристики. Они обладают малой инерционностью, высокой стабильностью параметров, долговечностью, они не подвержены явлению «усталости», характерной для других типов фотоэлементов, надежно работают в условиях значительных динамических перегрузок и вибрации.

Недостатком фотодиодов является зависимость темнового тока от температуры.

Одними из наиболее малоинерционных, малогабаритных, высокочувствительных и долговечных фотоэлектронных датчиков являются фототриоды.

К «радиодатчикам» мы относим датчики, воздействующие на вход радиорефлексометра через посредство радиолинии, а также датчики, применяющиеся при некоторых методах измерения тормозной реакции и нейротахометрии. «Радиодатчики» — это многообразная и быстро растущая группа датчиков с резонансным способом измерения сопротивления, где колебания значения тока в контуре генератора измеряются радиотехническим устройством.

Очень перспективны для целей электронной хронорефлексометрии такие датчики как временные счетчики, применяемые в ядерной физике для измерения интервалов времени при радиоактивном распаде элементов [1].

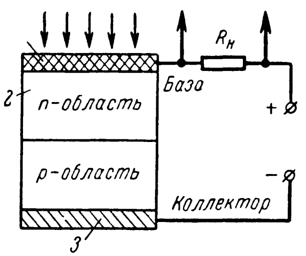


Рис. 28. Устройство и схема включения фотодиода.

1 — прозрачный электрод; *2* — полупроводник типа *n-p*; *3* — металлический электрод.

Особого внимания заслуживают временные сцинтилляционные счетчики и счетчики Черенкова, обладающие высоким временным разрешением.

Одним из условий использования этих счетчиков в методиках электронной хронорефлексометрии является нанесение на поверхность реагирующего (движущегося относительно счетчика) органа допустимых количеств радиоактивных элементов.

Эти элементы, действуя на счетчик Черенкова или временной сцинтиляционный счетчик, вызывают появление фотонов, проявляющихся во вспышке света, преобразуемой фотоумножителем в электрический импульс.

Из числа наиболее пригодных для целей хронорефлексометрии сцинтиляционных счетчиков можно назвать счетчики, входящие в комплект УСД-4, разработанные на основе применения временного фотоумножителя ФЗУ-36. Электрическая схема счетчика включает в себя формирователь амплитуд импульсов (ограничитель) и катодный повторитель. Счетчик может выноситься от электронного блока на расстояние до 20 *м*.

Необходимо подчеркнуть огромную роль датчиков в обеспечении точного измерения малых интервалов времени, в частности, при рефлексометрии.

Основное требование, предъявляемое к датчикам электронного хронорефлексометра — стабильность сигналов, в частности, стабильность времени запаздывания между моментами воздействия регистрируемого явления на датчик и возникновением крутого фронта импульса на его входе.

Крупный советский специалист в области счетно-импульсных хронометров П. И. Павленко справедливо указывает, что управляющие сигналы почти идеальной формы или сигналы с очень крутыми фронтами могут быть поданы на вход бесконтактного ключа хронометра только с выходов импульсных электронных схем, осуществляющих преобразование (формирование) первичного сигнала. «Идеали-

[1] Укоренившееся название «счетчики» не вполне точно: эти устройства представляют собой датчики в сочетании с усиливающим и преобразующим блоками и служат для подключения к входу электронного хронометра.

зация» сигнала *первичного* датчика может привести к обеднению информации, поступающей на его вход, и, как следствие этого, к грубым ошибкам. Нельзя не согласиться с автором, когда он предостерегает против упрощенной геометрической трактовки сигнала датчика и указывает, что единственным критерием правильности выбора рабочей точки на эпюре сигнала датчика является стабильность ее временно́й координаты.

ФОРМИРОВАТЕЛИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ

Синхронизация начала действия раздражителя и начала отсчета времени реакции позволяет во многих случаях снизить требования к крутизне переднего фронта управляющих сигналов экспериментатора. Действительно, если, например, испытуемый должен реагировать на внезапное появление какого-либо раздражителя, синхронизированного с работой измерителя времени реакции, то форма выходного сигнала датчика экспериментатора не имеет никакого значения, так как в любом случае раздражитель, а следовательно и измеритель времени, будут включены одновременно.

Что касается выходного сигнала датчиков испытуемого, то здесь передний фронт должен быть во всех случаях стабильнокрутым, с тем чтобы не вносить дополнительную погрешность в результат измерения времени реакции. Недостаточно точная локализация этого сигнала во времени неизбежно приведет к увеличению общей погрешности измерения. Поэтому при точных измерениях такой сигнал целесообразно предварительно подвергнуть формированию.

Другая важная задача при управлении хронорефлексометром — это предотвращение возможности многократного включения и выключения измерителя времени при дискретном характере управляющего сигнала, что особенно часто наблюдается при использовании биоэлектрических, словесных и других сигналов. Сказанное в равной степени относится как к сигналам экспериментатора, так и испытуемого.

В практике рефлексометрического приборостроения разработаны два типа формирователей управляющего сигнала.

Показанный на рис. 29,*а* формирователь сигнала работает на триоде $Л_1$ и газоразрядной лампе $Л_2$, подключенной к анодной нагрузке первой лампы. В качестве лампы $Л_2$ применен тиратрон с холодным катодом типа МТХ-90.

В исходном состоянии при отсутствии входного (управляющего) сигнала напряжение на резисторе R_2 или отсутствует полностью или недостаточно для зажигания лампы $Л_2$; через эту лампу, а следовательно и резистор, ток не проходит. При появлении сигнала положительной полярности на резисторе R_2 возникнет напряжение, достаточное для зажигания лампы $Л_2$.

Известно, что время зажигания газоразрядных ламп, определяемое временем ионизации наполняющих ее газов, составляет примерно 10^{-4} *сек*. Создание начального уровня ионизации в лампах МТХ-90 с помощью дополнительного электрода позволяет еще больше сократить это время, что делает формирователь практически безынерционным. Скачок тока в цепи лампы $Л_2$ и резисторе R_3 обусловливает скачок напряжения, который используется для управления прибором.

Исходный режим работы лампы $Л_2$ с помощью переменного резистора R_2 обычно подбирается близким к критическому, т. е. вход-

ной сигнал в самом начале своего появления вызывает зажигание лампы $Л_2$. В тех случаях, когда желательно использовать не начало управляющего сигнала, а определенную фазу его нарастания, этого легко добиться установкой исходного режима газоразрядной лампы.

Показанный на рис. 29,*б* формирователь преобразовывает дискретный управляющий сигнал в короткие электрические импульсы, соответствующие началу и окончанию сигнала. По принципу работы

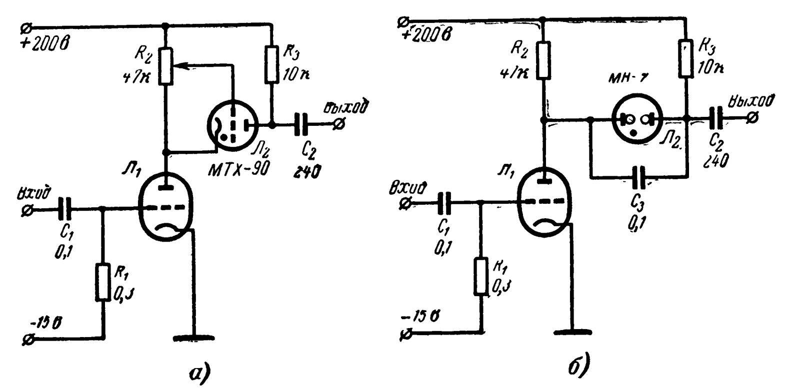


Рис. 29. Схемы формирователя управляющего сигнала.

он аналогичен описанному, но отличается тем, что зажженная лампа $Л_2$, несмотря на дискретность управляющего сигнала, не гаснет в промежутках между импульсами вплоть до окончания сигнала, поскольку параллельно лампе $Л_2$ подключен сглаживающий конденсатор C_3. Его назначение — поддержать горение лампы $Л_2$ в промежутках между импульсами.

Рассматриваемая схема наиболее эффективно работает при большом импульсном наполнении управляющего сигнала, так как в этом случае емкость конденсатора C_3 выбирается небольшой и она почти не уменьшает крутизну переднего фронта сигнала.

ПРОГРАММИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Большое число методик требует применения самых различных раздражителей с меняющимися характеристиками и интервалами их предъявления. В связи с этим возрастает значение устройств, способных по заранее заданной программе выполнить поставленные исследователем задачи.

С этой точки зрения практический интерес представляют несложные программирующие устройства, работающие на базе шагового искателя. Они надежны в работе, просты по устройству и в изготовлении.

Различают два типа устройств этого рода: с «жестким» программированием и с возможностью перепрограммирования в ходе эксперимента.

Устройство с «жестким» программированием основано на применении перфокарт, устанавливаемых перед началом эксперимента. Изменить что-либо в ходе эксперимента невозможно. Кроме перфо-

карты, устройство содержит в себе разъемную колодку и шаговый искатель.

Разъемная колодка выполнена из двух частей, одна из которых укреплена неподвижно на приборе, а другая — съемная. Неподвижную часть колодки изготовляют из листового электроизолирующего материала (гетинакса, текстолита, эбонита), на который наклеивают толстый слой пористой резины (15—20 *мм*). Заподлицо с верхней поверхностью резины устанавливают плоские латунные пластины, выводные концы которых пропускают через резину и основание (неподвижную часть) колодки. Крепление контактных пластин показано на рис. 30.

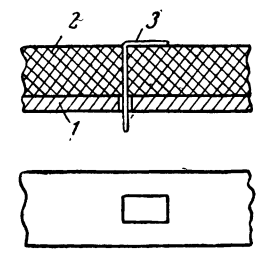


Рис. 30. Устройство колодки программирующего устройства.

1 — основание; *2* — пористая резина; *3* — контактная пластина.

Схема программирующего устройства с «жестким» программированием на три источника раздражения приведена на рис. 31.

Каждый ряд контактных пластин соответствует одной секции шагового искателя, причем каждая пластина соединена только с одной ламелью соответствующей секции. Одна секция шагового искателя может включать и выключать по заданной программе только один источник раздражения. Число секций должно соответствовать числу используемых в эксперименте различных источников раздражения.

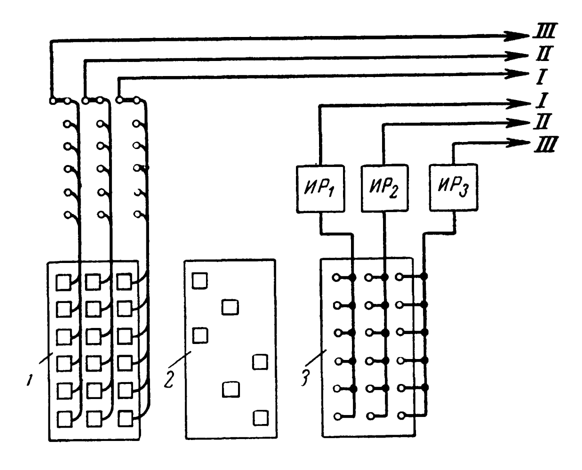


Рис. 31. Схема устройства с жестким программированием (для трех источников питания).

1 — неподвижная часть колодки; *2* — перфокарта; *3* — съемная часть колодки.

Числу и местоположению контактных пластин неподвижной части колодки соответствует число и местоположение контактных штырей съемной части. Все контактные штыри порядно соединены между собой и с управляемыми источниками раздражения $ИР_1$, $ИР_2$,

$ИР_3$. Съемную часть колодки и основание неподвижной части изготовляют из листового электроизоляционного материала.

Создание замкнутых управляющих цепей для разных источников раздражения может быть выполнено по-разному. Например, если источники $ИР_1$ и $ИР_2$ включаются подачей на них напряжений с теми или иными параметрами, а источник $ИР_3$ — замыканием его внутренней цепи, то в первом случае на клеммы *I-I* и *II-II* подаются соответствующие напряжения, а во втором случае клеммы *III-III* замыкаются накоротко.

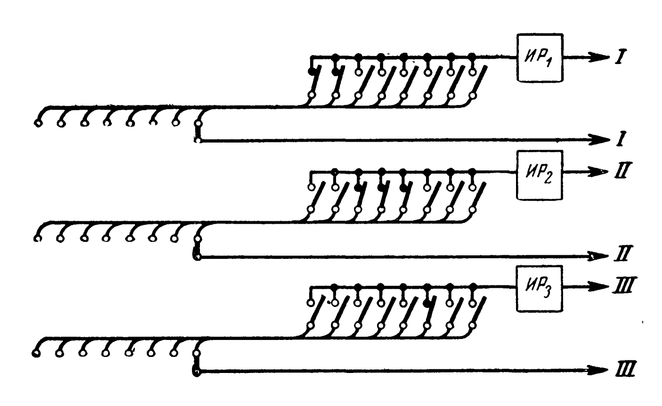


Рис. 32. Схема устройства с возможностью перепрограммирования в ходе эксперимента (для трех источников раздражения).

Между съемной и неподвижной частями колодки расположена перфокарта, представляющая собой плотный бумажный лист с вырезанными на нем в определенной последовательности отверстиями. Штыри съемной части колодки, находящиеся против отверстий в перфокарте, образуют электрический контакт с пластинами неподвижной части, а остальные штыри изолированы от них.

Цепи питания источников раздражений $ИР_1$, $ИР_2$, $ИР_3$ замыкаются лишь в том случае, если подвижная ламель шагового искателя контактирует с теми его неподвижными ламелями, которые соединены через отверстия в перфокарте с контактными штырями съемной части колодки. При одновременном перемещении подвижных ламелей всех секций шагового искателя обеспечивается последовательное включение источников раздражений согласно заданной на перфокарте программе. Таким образом, в программирующем устройстве с «жестко» закрепленной перфокартой шаговый искатель выполняет роль движущегося (поискового) элемента.

Устройство с возможностью перепрограммирования в ходе эксперимента в принципе работает так же, как описанное выше. Отличительной особенностью является то, что вместо перфокарты и панелей с контактными пластинами и штырями в нем применены обычные выключатели — тумблеры (рис. 32). Здесь программирование состоит в переводе выключателей в замкнутое положение в соответствии с программой. Например, при необходимости предъявить первый раздражитель 2 раза, второй — 3 и третий — 1 раз соответствен-

но включаются первые два выключателя первого ряда, очередные три выключателя второго ряда и шестой выключатель третьего ряда.

Перепрограммирование в ходе эксперимента заключается в выключении одних и включении других тумблеров.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОТТИСКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

В последнее время при разработке электронных хронорефлексометров внимание отечественных и зарубежных авторов все больше привлекают системы, обеспечивающие автоматический оттиск результатов временного анализа рефлексов. Необходимость в этом виде автоматической регистрации часто возникает при применении нескольких последовательных раздражителей, следующих на небольшом интервале друг за другом (пробы на последовательную отрицательную индукцию), и особенно — при исследовании много- и разноэлементных цепных реакций.

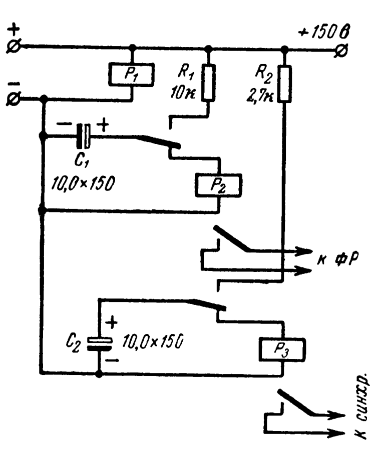


Рис. 33. Система управления авторегистратором хронорефлексометров.

В радиорефлексометре РРМ-Ц автоматическая регистрация временных характеристик человека основана на применении двух взаимосвязанных измерителей времени и одного фоторегистратора, в качестве которого применяется киноаппарат с покадровым переводом кинопленки.

Взаимосвязь между измерителями выражается в том, что прекращение отсчета времени одним *ИВР* автоматически и практически безынерционно приводит в действие другой *ИВР*, а прекращение отсчета последним приводит в действие первый и т. д. Фоторегистратор обслуживает оба измерителя времени, причем фотографируется показывающая часть того *ИВР*, который отсчитал время. Таким образом, пока один *ИВР* подвергается сбработке, другой несет функции измрения времени.

Система управления фоторегистратором чрезвычайно проста и применима для любой конструкции хронорефлексометра. Для этого надо лишь согласовать моменты выключения *ИВР* и включения фоторегистратора.

Принцип авторегистрации состоит в следующем. В момент включения *ИВР* срабатывает реле P_1 (рис. 33), через контакты которого и резистор R_1 заряжается электролитический конденсатор C_1. После выключения *ИВР* реле возвращается в исходное положение, а заряженный конденсатор подключается параллельно обмотке реле P_2, являясь для него источником питания. Это реле импульсно срабатывает и своими контактами замыкает цепь питания фоторегистратора. Происходит фотографирование показывающей части *ИВР* и перевод киноленты на один кадр.

Питание реле P_1 в зависимости от конструкции измерителя и синхронизатора может осуществляться по-разному. Например, в большинстве электромеханических и электронных *ИВР* обмотка реле P_1 подключается к выходу синхронизатора.

Важная роль в системе авторегистрации временны́х характеристик человека, особенно при изучении последовательных реакций, принадлежит системе сброса прежних показаний *ИВР* на нуль и приведения синхронизатора в исходное состояние.

Очередность в работе фоторегистратора и устройства, подготавливающего измерительную схему к очередному измерению, очевидна: сначала происходит регистрация показаний *ИВР*, а затем их сброс и подготовка схемы. Временная привязка окончания авторегистрации и начала работы сбрасывающего устройства осуществляется с помощью простой схемы, изображенной на том же рис. 33.

В момент срабатывания реле P_2, включающего фоторегистратор, подготавливаются условия для работы сбрасывающего устройства путем заряда через контакты этого реле и резистор R_2 электролитического конденсатора C_2. После обесточивания реле P_2 этот конденсатор подключается параллельно обмотке реле P_3, являясь для него источником питания. Контакты реле P_3, подключенные к синхронизатору хронорефлексометра, переводят его в исходное состояние для очередного измерения. При наличии двух измерительных каналов время, затрачиваемое на авторегистрацию показаний любого из измерителей и подготовку прибора к очередному измерению, не входит в полученный результат, так как обработка измерителя происходит при его статическом состоянии.

Максимальное время действия рассмотренной системы, определяемое номинальными значениями его элементов, не должно превышать минимальной величины измеряемого времени реакции. Эти элементы выбираются из следующих соображений:

1) Емкость конденсатора C_1 должна быть такой, чтобы при ее разряде на обмотку реле P_2 переходный процесс в этой цепи имел апериодический характер.

2) Сопротивление резистора R_1 выбирается с таким расчетом, чтобы за время работы измерителя времени конденсатор C_1 успел зарядиться до напряжения, обеспечивающего не только срабатывание реле P_2, но и его удержание в таком состоянии в течение одного цикла работы фоторегистратора (фотографирование и перевод фотокадра).

3) Сопротивление резистора R_2 и емкость конденсатора C_2 выбираются так, чтобы за то время, пока якорь реле P_2 находится в притянутом положении, запас энергии в этом конденсаторе был достаточен для импульсного срабатывания реле P_3.

Независимо от упомянутого выше устройства для автоматического сброса на нуль, позволяющего произвести фоторегистрацию, полезным дополнением к любому электронному хронорефлексометру является устройство для автоматического сброса показаний по истечении определенного, заранее заданного времени (рис. 34). Один из несложных принципов подобного устройства сводится к следующему. Время отсчета задается триггером с квазиустойчивым состоянием электрического равновесия — элементом временной задержки. Триггер запускается в момент окончания измеряемого интервала времени и через определенное время возвращается в исходное состояние. Полученный на его выходе импульс производит сброс показаний *ИВР* и возвращает все управляющие цепи в исходное состояние.

Наиболее современные электронные хронорефлексометры имеют **выход на цифропечатающую машину с электронным вводом информации** или на магнитное запоминающее устройство, а иногда на то и на другое одновременно. Серийная отечественная цифропечатающая машина ЦПМ-1 применяется в качестве выходного печатающего устройства электронного частотомера ЧЗ-4. Однако с незначительными изменениями в электронном блоке управления машина может быть использована как выходное устройство и для электронных хронорефлексометров, имеющих выход в двоично-десятичном коде вида 8-4-2-1 или 2-4-2-1.

Цифры и специальные знаки печатаются на бумажной ленте. Информация вводится в машину по параллельным каналам в двоично-десятичном коде вида 8-4-2-1 или 2-4-2-1.

Усиленные в электронном блоке входные импульсы поступают на кодовые электромагниты, сдвигающие селекторные планки механического дешифратора. За счет этого происходит выбор штифта, ограничивающего перемещение рейки привода печатающей тип-штанги.

Техническая скорость печати — до двух 11-разрядных строк в 1 *сек.*

Один из самых простых и для многих исследований вполне приемлемых способов автоматического оттиска результатов измерений заключается в преобразовании данных электронного хронорефлексометра в сигнал для старт-стопного аппарата (телетайпа).

Рис. 34. Схема автоматического сброса показаний по истечении заданного времени.

ГИ — генератор импульсов, *С* — синхронизатор хроморефлексометра, *ПС* — пересчетная схема, *ИР* — источник раздражения, *ЭВЗ* — элемент временной задержки.

Показание каждой декады, выраженное в двоичном коде, сбрасывающим импульсом перемещается в преобразователь кода, на выходе которого появляется телеграфный сигнал соответствующего десятичного знака. Этот способ позволяет осуществить запись до семи знаков в секунду, что вполне достаточно для многих вариантов хронорефлексометрических исследований. Важным преимуществом является возможность передавать результаты измерений на большое расстояние с помощью телеграфной ленты.

Наиболее перспективный метод автоматического оттиска результатов измерений сводится к накоплению информации в магнитном запоминающем устройстве с последующим временным анализом посредством радиорефлексометра. Этот метод может быть использован и как предваряющий отсроченную регистрацию с помощью цифропечатающей машины.

БЛОК ВРЕМЕННОЙ ЗАДЕРЖКИ. ЭЛЕКТРОННЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ КОММУТАТОР

Как уже упоминалось, однозначное включение измерителя времени по окончании дискретного сигнала невозможно без введения в схему хронорефлексометра искусственной временной задержки, ко-

торая предотвращала бы ненужные включения в паузах между отдельными импульсами сигнала. Эта задержка необходима также и для других целей, например, для дозированной выдержки паузы между сигналами раздражения, для выдержки времени между началом реакции на один сигнал и включением другого сигнала и т. п.

Схема электронного блока временной задержки приведена на рис. 35. Она собрана на одном двойном триоде и представляет собой усилитель управляющего сигнала и электронное реле времени.

Усилитель работает на левой половине лампы; это — обычный каскад усиления на резисторе. Реле времени работает на правой половине лампы и электромагнитном реле. Связь между усилителем и реле времени осуществляется с помощью конденсатора C_2.

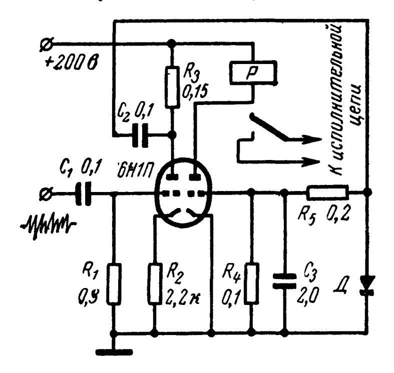


Рис. 35. Схема электронного блока временной задержки.

При отсутствии сигнала на входе усилителя якорь реле, включенного в анодную цепь правой половины лампы, находится в притянутом положении за счет ее начального анодного тока. При появлении сигнала отрицательной полярности (сигнал положительной полярности шунтируется диодом *Д*) на входе реле времени правая половина лампы полностью или частично запирается, ее анодный ток уменьшается и становится недостаточным для удержания якоря реле в этом положении. Время нахождения реле в таком состоянии определяется временем действия отрицательного потенциала на сетке правой половины лампы и инерционностью срабатывания самого электромеханического реле. В свою очередь, время действия отрицательного потенциала зависит от параметров разрядной цепи C_2R_4 и величины напряжения, до которой зарядится конденсатор C_3.

По мере уменьшения отрицательного потенциала на сетке правой половины лампы (за счет разряда C_3 через R_4) ее анодный ток возрастает и при некотором его значении вновь происходит срабатывание реле.

Контакты реле используются для коммутации тех или иных исполнительных цепей хронорефлексометра.

Время выдержки реле можно легко изменить, если резистор R_4 выполнить регулируемым (плавно или ступенчато).

Хронорефлексометры, особенно те, которые содержат более одного измерителя времени, рассчитываются не только на последовательное или параллельное измерение нескольких реакций, но и на измерение временных сдвигов между ними или их компонентами. Последовательность поступления управляющих сигналов, соответствующих этим реакциям или их компонентам, не всегда точно известна, в результате чего вместо сигнала запуска *ИВР* первым может поступить сигнал остановки и *ИВР* не запустится. В то же время, запускающий сигнал, пришедший вторым, включит *ИВР*, а выключения его не произойдет, так как сигнал остановки уже исчезнет.

Для регистрации указанных временных характеристик вне зависимости от порядка поступления сигналов применен специальный электронный коммутатор, схема которого, рассчитанная на две исполнительные цепи, приведена на рис. 36. Коммутатор представляет собой кольцевую пересчетную схему, собранную на малогабаритных тиратронах с холодным катодом типа МТХ-90. Работа пересчетной схемы основана на принципе счета внешних импульсов (управляю-

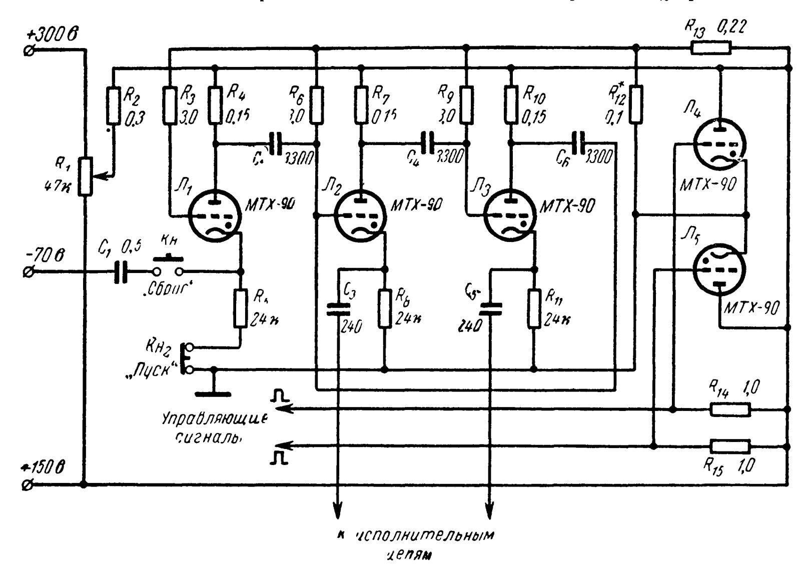


Рис. 36. Схема электронного кольцевого коммутатора.

щих сигналов) триггерными ячейками, имеющими по два состояния устойчивого электрического равновесия.

На лампе $Л_1$ собрана нулевая (исходная) триггерная ячейка, а на лампах $Л_2$ и $Л_3$ — рабочие ячейки, каждая из которых связана с исполнительной цепью, например, с электронным ключом синхронизатора, включающим и выключающим измеритель времени. Количество рабочих ячеек соответствует числу коммутируемых цепей.

Для перевода ячеек из одного состояния равновесия в другое служат поджигающие тиратроны $Л_4$ и $Л_5$, на дополнительные электроды которых подаются управляющие электрические импульсы. Количество поджигающих тиратронов должно соответствовать числу управляющих сигналов (реакций).

В исходном состоянии всегда зажжена только одна лампа $Л_1$, что достигается подачей на ее катод отрицательного импульса путем заряда конденсатора C_1 через резистор R_5 при нажатии на кнопку $Кн_1$.

При нажатии на нормально замкнутую кнопку $Кн_2$, тиратрон $Л_1$ гаснет, а положительный импульс, образуемый на его аноде, поджигает лампу первой рабочей ячейки $Л_2$, вызывая скачкообразное появление напряжения на катодном резисторе R_8. Перепад этого на-

пряжения в виде электрического импульса положительной полярности поступает на синхронизатор, который одновременно включает источник раздражения и первый *ИВР*.

Первый управляющий сигнал, поступивший в положительной полярности на управляющий электрод лампы $Л_4$ или $Л_5$, вызывает кратковременную вспышку одного из этих тиратронов, в результате чего напряжение на анодной шине снижается (за счет падения на резисторе R_2) до величины гашения лампы $Л_2$. Положительный скачок напряжения на аноде $Л_2$ приводит к зажиганию лампы $Л_3$ и возникновению напряжения на ее катодном резисторе R_{11}. Отрицательный и положительный импульсы, снимаемые соответственно с резисторов R_8 (при исчезновении напряжения) и R_{11} (при возникновении напряжения) используются соответственно для выключения первого *ИВР* и включения второго *ИВР*.

Второй управляющий сигнал вызовет также кратковременную вспышку одного из поджигающих тиратронов ($Л_4$ или $Л_5$) и аналогично описанному переведет разряд с лампы $Л_3$ на исходную (нулевую) лампу $Л_1$. Отрицательный импульс, снимаемый с резистора R_{11}, используется для выключения второго *ИВР*.

Таким образом, в описанном случае с помощью электронного кольцевого коммутатора могут быть измерены две различные реакции. Разность показаний измерителей времени составит временной сдвиг между реакциями. Если на кнопку $Кн_2$ в начале эксперимента не нажимать, то первый управляющий импульс зажжет лампу $Л_2$, а второй — погасит ее и тем самым моментально будет измерена разность между скрытыми периодами двух реакций без предварительного измерения их абсолютных величин.

При наличии в коммутаторе соответствующего количества рабочих триггерных ячеек и поджигающих тиратронов можно проводить измерение временных сдвигов между каким угодно числом реакций.

Глава IV

СХЕМЫ И КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРОВ

РАДИОРЕФЛЕКСОМЕТРЫ

Электромиорефлексометр ЭМР-1[1]. Прибор ЭМР-1 позволяет измерять скрытый период усиления биоэлектрической активности мышц, участвующих в осуществлении ответной реакции испытуемого на действие того или иного раздражителя.

Как известно, такое усиление биоэлектрической активности несколько предшествует видимому сокращению мышц (например, при движении конечности, грудной клетки или губ) и продолжается в течение всего периода ее сокращения. Для кратности это усиление биоэлектрической активности будем называть биоэлектрическим компонентом реакции.

В зависимости от задач исследования определение временного параметра биоэлектрического компонента может быть единственным

---

[1] Прибор отмечен первым призом на XXI Всесоюзной радиовыставке (1965).

объектом исследования или осуществляться параллельно с временным анализом соответствующей реакции, например двигательной.

Прибор ЭМР-1 позволяет также определять разность между скрытым периодом той или иной реакции и ее биоэлектрического компонента без предварительного измерения абсолютных величин этих скрытых периодов.

Принципиальная схема электромиорефлексометра ЭМР-1 приведена на рис. 37. Некоторые узлы, не имеющие принципиального значения для описания схемы (*ИР* — источник раздражения, *ИВР* — измеритель времени реакции), изображены условно.

Основными узлами прибора являются синхронизатор, микрофонный усилитель, реле времени и усилитель биопотенциалов.

Конструктивно прибор может быть выполнен в двух вариантах: 1) усилитель биопотенциалов является неотъемлемой частью прибора (рис. 38), 2) усилитель биопотенциалов выполнен в виде приставки к основному прибору (рис. 39).

Синхронизатор работает на лампах $Л_1$—$Л_3$. На первых двух лампах собраны два триггера, каждый из которых имеет два устойчивых состояния электрического равновесия, а на двойном триоде $Л_3$ собраны два усилителя напряжения (для *ИР* и *ИВР*). Описание синхронизатора подробно изложено в предыдущей главе книги.

Микрофонный усилитель, работающий на двойном триоде $Л_5$ и собранный по обычной схеме на резисторе, имеет два каскада и рассчитан на усиление словесных сигналов и словесных реакций, поступающих на его вход от микрофонов или ларингофонов.

Реле времени, выполненное на лампе $Л_4$ и электромагнитном реле, создает искусственную задержку при запуске прибора концом словесного сигнала, что, как указывалось раньше, необходимо для предотвращения ложных запусков в промежутках между слогами слова или словами фразы. Увеличение инерционности электромагнитного реле достигается созданием определенного режима работы лампы $Л_4$.

Усилитель биопотенциалов собран на пяти лампах $Л_6$—$Л_{10}$. Учитывая большое значение, которое имеет данный узел в описываемом приборе, остановимся на нем, особенно на вопросе подавления помех, несколько подробнее.

Усилитель состоит из четырех каскадов усиления по напряжению, согласующего каскада и катодного повторителя. Первые три каскада построены по дифференциальной схеме на двойных триодах 6Н2П. Схему симметрируют переменными резисторами R_{61} и R_{57}, включенными соответственно в сеточную и анодную цепи лампы $Л_{10}$.

Четвертый каскад служит согласующим или переходным от симметричной схемы к несимметричной. Он одновременно предназначен для ослабления синфазных напряжений (наводок) и усиления полезного (биоэлектрического) сигнала.

Подавление помех объясняется тем, что при поступлении на управляющие сетки лампы $Л_7$ напряжений с одинаковой полярностью анодные токи в обеих ее половинах одинаково изменяются (уменьшаются или увеличиваются). Увеличение тока в левой половине лампы $Л_7$, представляющей собой катодный повторитель, вызывает увеличение положительного потенциала на катоде правой половины этой же лампы, работающей в режиме усиления. Изменяя сопротивление резистора R_{39}, можно подобрать величину напряжения, поступающего на сетку правой половины лампы так, чтобы скомпенсировать действие потенциала на ее катоде. На анодной на-

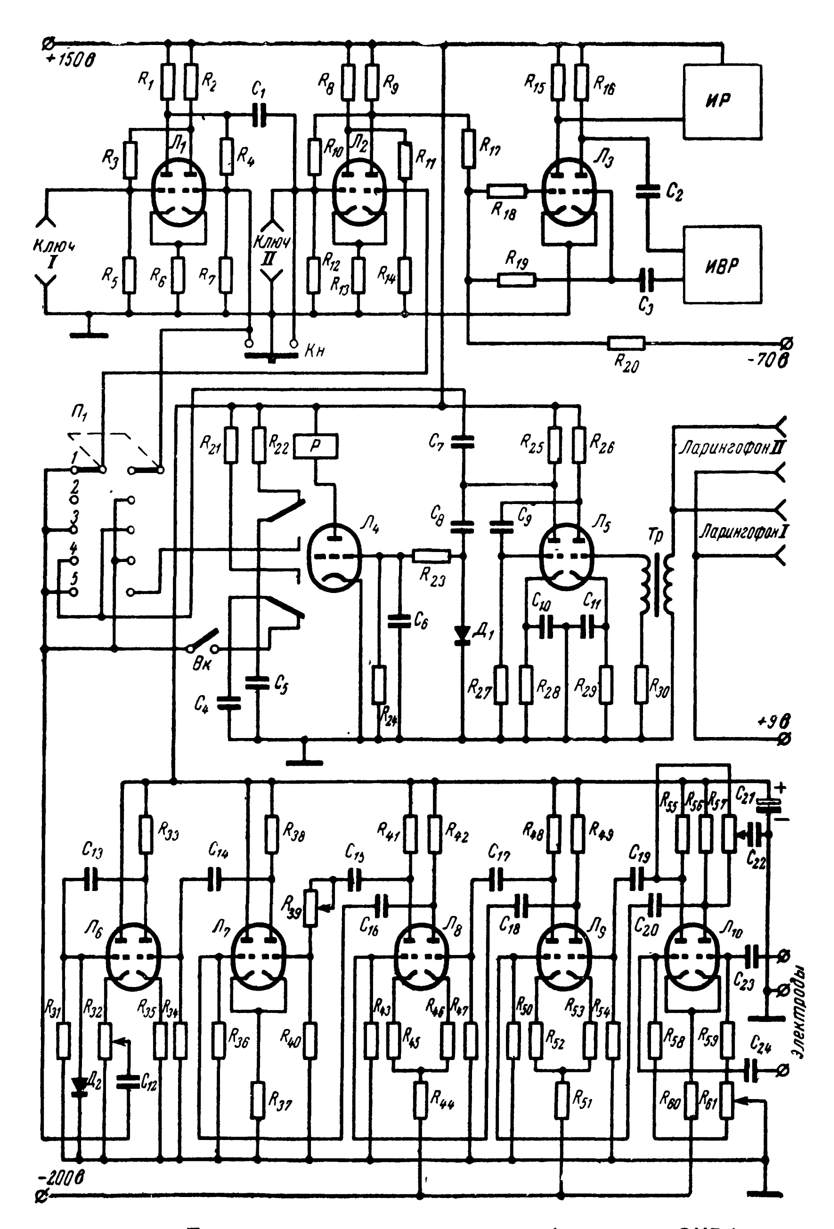


Рис. 37. Принципиальная схема электромиорефлексометра ЭМР-1.

грузке R_{38} в этом случае переменное напряжение будет отсутствовать. Таким образом, правая половина лампы $Л_7$ усиливает разность сигналов, подаваемых на управляющие сетки этой лампы.

При поступлении на управляющие сетки лампы $Л_7$ противофазного (полезного) напряжения правая ее половина будет усиливать сумму сигналов, так как на сетке и катоде действуют сигналы разной полярности.

Усиленный полезный сигнал с анодной нагрузки левой половины лампы $Л_7$ подается для дальнейшего усиления на правую половину лампы $Л_6$. Оконечный каскад, работающий на левой половине лампы $Л_6$ представляет собой катодный повторитель. Он имеет плавную

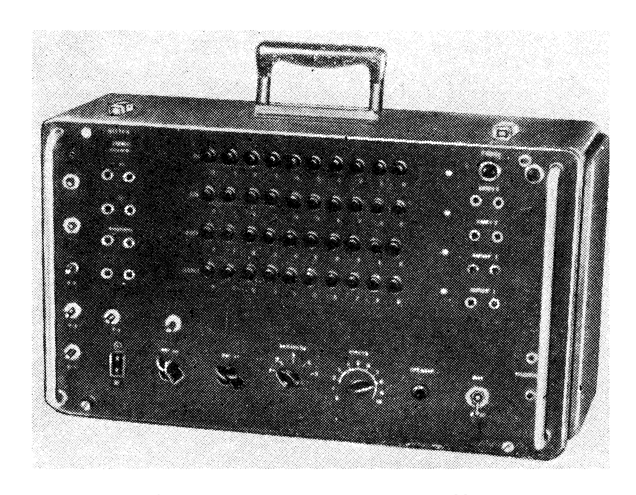


Рис. 38. Электромиорефлексометр ЭМР-1.

регулировку амплитуды выходного сигнала с помощью переменного резистора R_{32}. Благодаря включению в сеточную цепь катодного повторителя диода $Д_2$ на резисторе R_{32} возникают сигналы только положительной полярности.

Электрические сигналы, снимаемые с помощью специальных электродов с участвующих в реакции мышц испытуемого, подают на вход усилителя биопотенциалов экранированными проводами. Максимальная амплитуда биоэлектрического сигнала скелетной мышцы человека соответствует примерно 100—150 *мкв*, а частота спектра лежит в пределах 50—400 *гц*.

Выбор вариантов работы прибора производится двухсекционным переключателем $П_1$ на пять положений, с помощью которого сигналы запуска подаются на первый триггер синхронизатора, а сигналы остановки — на второй.

При первом положении переключателя измеряется скрытый период биоэлектрического компонента той или иной реакции. В этом случае экспериментатор замыканием любой электроконтактной пары, подключенной к гнездам «*Ключ 1*», опрокидывает первый, а следовательно и второй триггер, что приводит к включению *ИР* и *ИВР*.

Биоэлектрический сигнал, снимаемый с любой участвующей в реакции мышцы, подается в положительной полярности на второй триггер и возвращает его в исходное состояние, выключая тем самым *ИВР*.

При втором положении переключателя на любой условный сигнал, не связанный с прибором, испытуемый осуществляет ту или иную двигательную реакцию. Биоэлектрический сигнал поступает на запертый вход первого триггера и, опрокидывая его, включает *ИВР*. Двигательная реакция испытуемого обеспечивает замыкание любой электроконтактной пары, подключенной к гнездам «*Ключ II*», что приводит к возвращению второго триггера в исходное состояние и выключению *ИВР*. Тем самым измеряется временной сдвиг между биоэлектрическим компонентом непосредственной реакции и ее видимым проявлением.

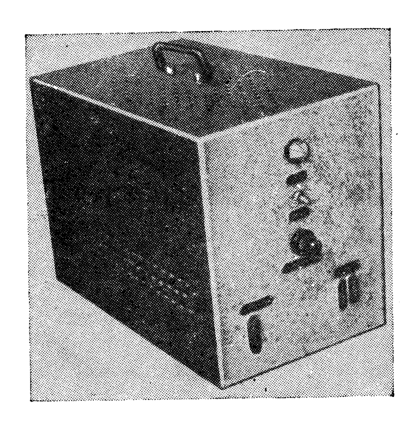


Рис. 39. Биоэлектрическая приставка к радиорефлексометру.

При третьем положении переключателя сигнал запуска поступает на первый триггер с выхода микрофонного усилителя и соответствует произнесенному перед микрофоном (ларингофоном) словесному сигналу экспериментатора. *ИВР* включается в начале этого сигнала, а выключается, как и при первом варианте, в начале усиления биоэлектрической активности, участвующей в реакции мышцы, с которой снимается биопотенциал.

При четвертом положении переключателя включение *ИВР* происходит так же, как во втором варианте, а выключение — в начале словесной реакции, поступающей в виде электрического сигнала с выхода микрофонного усилителя. Тем самым измеряется временной сдвиг между биоэлектрическим компонентом словесной реакции и началом самой реакции.

При пятом положении переключателя включение *ИВР* производится концом словесного сигнала, а остановка, как в первом и третьем вариантах, биоэлектрическим сигналом. Для того чтобы *ИВР* не включился в начале словесного сигнала, а также в паузах между слогами слова или словами фразы, применена искусственная задержка в цепи включения *ИВР* с помощью реле времени.

В исходном состоянии (при отсутствии словесного сигнала) лампа реле времени $Л_4$ отперта, якорь электромагнитного реле P притянут за счет начального анодного тока этой лампы, конденсатор C_5 подключен к сетке запертой половины лампы первого триггера. При появлении на выходе микрофонного усилителя электрического сигнала, соответствующего произнесенному слову, ток через лампу $Л_4$ уменьшится и станет недостаточным для удержания якоря реле в притянутом положении. Конденсатор C_5 отключится от первого триггера и подключится к зарядной цепи. При исчезновении словесного сигнала реле снова сработает, а положительно заряжен-

ный конденсатор C_5 снова подключится к первому триггеру и опрокинет его, включив *ИВР*.

Исчезновение электрического напряжения в паузах словесного сигнала не сказывается на работе электромагнитного реле, так как отрицательный потенциал на сетке лампы $Л_4$ в это время поддерживается за счет разряда конденсатора C_6 через резистор R_{24}.

Для сохранения важного варианта работы РРМ-59М (Ск-Сн) в приборе ЭМР-1 предусмотрено выключение *ИВР* началом словесной реакции. В этом случае включается переключатель *Вк* и предварительно заряженный положительным напряжением конденсатор C_4 (после окончания словесного сигнала) подключается к запертому входу второго триггера и возвращает его в исходное состояние. В начале словесного сигнала положительный импульс с конденсатора C_4 никакого влияния на второй триггер не оказывает, так как проходит на его отпертый вход.

Прибор оформлен в виде настольной переносной конструкции. Питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 или 127 *в* частотой 50 *гц*.

Кожно-гальванический радиорефлексометр КГРМ-1. Кожно-гальваническая реакция (КГР) проявляется в изменении сопротивления кожи постоянному току. Это обусловлено интенсивностью функционирования потовых желез. Кожно-гальваническая реакция особенно ярко выражена при действии раздражителя, вызывающего ориентировочную реакцию.

До разработки описываемого прибора временной анализ КГР, в частности определение ее скрытого периода, проводилось самописцами с фото- или чернильной записью. Такой метод имеет свои достоинства и недостатки; к последним относятся трудоемкость, недостаточная для некоторых исследований точность временного анализа и невозможность экстренного получения информации о результатах измерений. Важной научно-практической задачей является измерение временного сдвига между биоэлектрической и кожно-гальванической реакциями.

Кожно-гальванический радиорефлексометр содержит следующие основные узлы: синхронизатор с раздельным включением *ИР* и *ИВР*, источник раздражения, измеритель времени реакции, мостовую схему, усилительно-преобразовательный блок и усилитель биопотенциалов.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 40 (некоторые узлы прибора изображены условно: *ПС* — пересчетная схема, *ЗГ* — задающий генератор).

Синхронизатор работает на лампах $Л_4$—$Л_7$. На лампе $Л_4$ и половине лампы $Л_5$ собраны соответственно триггер с двумя устойчивыми состояниями электрического равновесия и усилитель постоянного напряжения для управления и питания источника раздражения, а на лампах $Л_6$, $Л_7$ и другой половине лампы $Л_5$ — соответственно два триггера и усилитель импульсов для управления измерителем времени.

Питание маломощных высокоомных источников раздражения предусмотрено непосредственно от усилительной лампы путем подключения их параллельно нагрузочному резистору R_{23}. Напряжение на этом резисторе при отпирании лампы достигает максимального значения практически мгновенно. Мощные источники питаются от внешнего напряжения посредством реле *Р*, контакты которого замыкают цепь питания.

Датчиком испытуемого при КГР служат для пластинчатых серебряных электрода, подключенных к мостовой схеме. Сопротивление между электродами, наложенными на испытуемого, выполняет функции одного из плеч моста. Остальные плечи собраны на резисторах R_{11}, R_{12}, R_{13}. Для балансировки моста при различии межэлектродных сопротивлений у разных людей (или у одного и того же человека

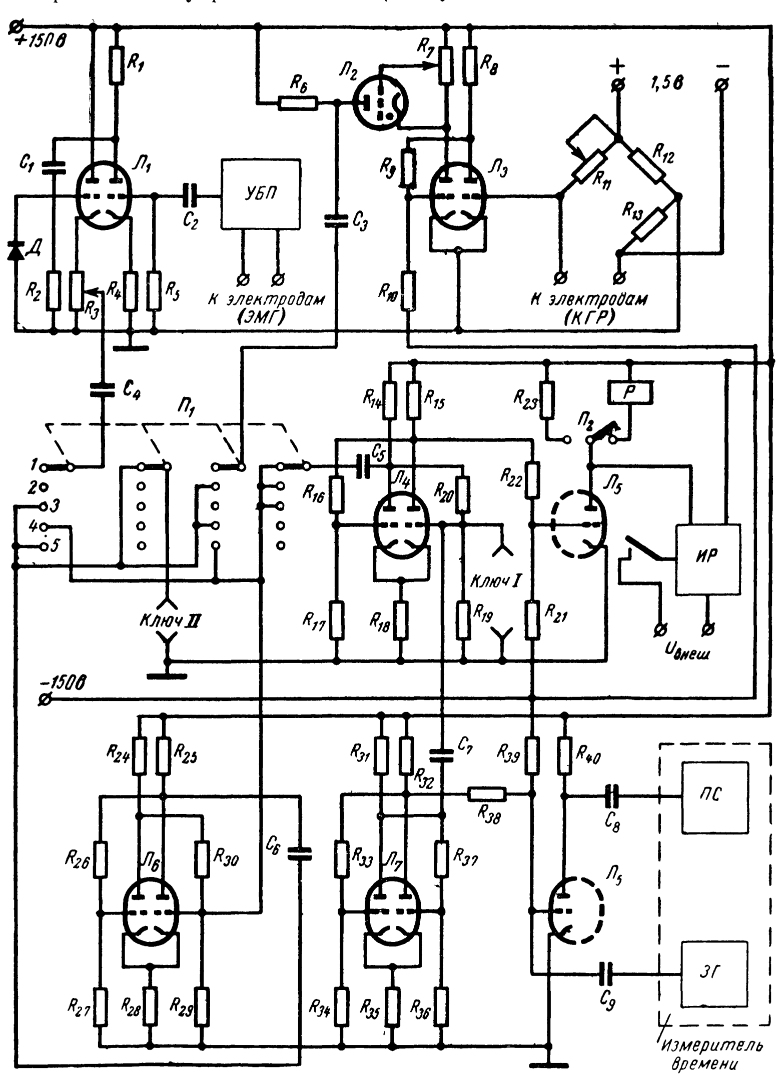


Рис. 40. Принципиальная схема кожно-гальванического рефлексометра КГРМ-1.

в разных экспериментах) сопротивление резистора R_{11} выполнено переменным.

Изменение кожного сопротивления при КГР на предъявленный раздражитель приводит к нарушению баланса моста. Возникшее на его диагонали напряжение поступает на двухкаскадный усилитель, работающий на двойном триоде $Л_3$. С анодной нагрузки второго каскада сигнал КГР подается на управляющий электрод безнакального тиратрона $Л_2$, находящегося в режиме тлеющего разряда. Исходный режим этой лампы с помощью переменного резистора R_7 подбирается близким к зажиганию Появление КГР приводит к повышению напряжения на этом резисторе и возникновению лавинообразного разряда в лампе $Л_2$. Резкое падение напряжения на ее аноде используется в качестве управляющего ответного сигнала испытуемого.

При использовании двигательной реакции испытуемого в качестве его ответного действия соответствующий датчик, работающий на принципе замыкания контактной пары, подключается к гнездам «*Ключ II*».

Для измерения биопотенциального компонента двигательной реакции в приборе предусмотрен блок усиления биопотенциалов (УБП), с выхода которого (резистор R_3) сигнал подается на триггер входного устройства.

Выбор вариантов работы при измерении временных характеристик, связанных с КГР, непосредственной двигательной реакцией и ее биопотенциальным компонентом, а также при измерении временных сдвигов между ними осуществляется пятипозиционным переключателем $П_1$.

При различных положениях переключателя схема работает следующим образом.

Первое положение переключателя $П_1$. Экспериментатор с помощью датчика, подключенного к гнездам «*Ключ I*», опрокидывает триггер на лампе $Л_4$ и включает источник раздражения. Одновременно отрицательный импульс, снимаемый с анода левой половины лампы $Л_4$, опрокидывает первый триггер на лампе $Л_6$, а следовательно и второй триггер на лампе $Л_7$, что приводит к включению измерителя времени.

Прекращение отсчета времени осуществляется в начале двигательной реакции. В этом случае контактный датчик, подключенный к гнездам «*Ключ II*», замыкает участок «сетка — масса» левой половины лампы второго триггера, опрокидывает его и выключает измеритель времени. Одновременно с анода левой половины лампы $Л_7$ импульс положительной полярности через конденсатор связи C_7 воздействует на управляющую сетку правой половины лампы $Л_4$ и выключает источник раздражения.

Второе положение переключателя $П_1$. Запуск прибора происходит так же, как в предыдущем варианте.

Прекращение отсчета времени и выключение раздражителя осуществляются в начале возникновения КГР Сигнал КГР отрицательной полярности с анода лампы $Л_2$ поступает на второй триггер и возвращает его в исходное состояние.

Третье положение переключателя $П_1$. Запуск прибора происходит так же, как в первых двух вариантах работы.

Прекращение отсчета времени и выключение раздражителя осуществляются в начале усиления биоэлектрической активности мышц, участвующих в двигательной реакции.

Четвертое положение переключателя $П_1$. В этом случае используется автономный раздражитель, не связанный с прибором. Измеритель времени начинает действовать в момент появления биоэлектрического сигнала, поступающего на правую половину первого триггера синхронизатора.

Прекращение отсчета времени осуществляется так же, как при втором положении переключателя $П_1$, т. е. в момент появления КГР.

Пятое положение переключателя $П_1$. Здесь, так же, как в четвертом варианте, используется автономный раздражитель. Измеритель времени начинает действовать в момент возникновения КГР, а прекращает свое действие в момент возникновения биоэлектрической реакции мышц. По сравнению с предыдущим вариантом порядок прохождения сигналов в схеме прибора противоположный.

Прибор оформлен в виде настольной переносной конструкции. Питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 или 127 *в*, частотой 50 *гц* и от сухой батареи 1,5 *в*.

Радиорефлексометр с магнитофонным управлением. Большинство исследований высшей нервной деятельности человека требует подачи одного и того же словесного раздражителя, и при этом, естественно, необходимо, чтобы он был одинаковым по звуковой интенсивности, тембру, интонации. Это условие почти невозможно строго выдержать, если словесное раздражение повторно подается экспериментатором в ходе опыта. Например, при «ассоциативном» эксперименте необходимо подавать испытуемому серию словесных сигналов с заранее установленными различными интервалами между последовательными словами. Параметры этих словесных сигналов должны быть стабильны.

В ряде исследований необходимо, чтобы при предъявлении серии словесных сигналов одни из них включали ИВР своим началом (передним фронтом), а другие — концом (задним фронтом). Единственными рефлексометрами, позволяющими автоматически включать *ИВР* не только началом, но и концом словесного сигнала, являются описанные выше радиорефлексометры. Однако для перехода от режима включения началом слова к режиму включения его концом они требуют от экспериментатора ручного переключения.

Перечисленным задачам удовлетворяет рефлексометр с магнитофонным управлением и программирующим устройством, осуществляющим по заданной программе определенное чередование включения *ИВР* началом или концом словесного сигнала и его выключения различными сигналами, в том числе словесными. Необходимые словесные сигналы в требуемом сочетании и с заданными интервалами записываются на ленту магнитофона заранее.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 41 (некоторые узлы изображены условно). Принцип действия прибора состоит в следующем. Серия словесных сигналов, воспроизводимая магнитофоном, по воздушному каналу воздействует на испытуемого. Одновременно электрические сигналы, соответствующие словам — раздражителям, поступают с выхода магнитофона на усилитель звуковой частоты и с его выхода двумя путями (непосредственно и через реле времени) на программирующее устройство. На входе последнего для каждого словесного сигнала образуются две четко локализованные во времени отметки. Одна отметка соответствует появлению сигнала, т. е. его переднему фронту, а другая — исчезновению, т. е. заднему фронту. Отметка заднего фронта имеет искусственную

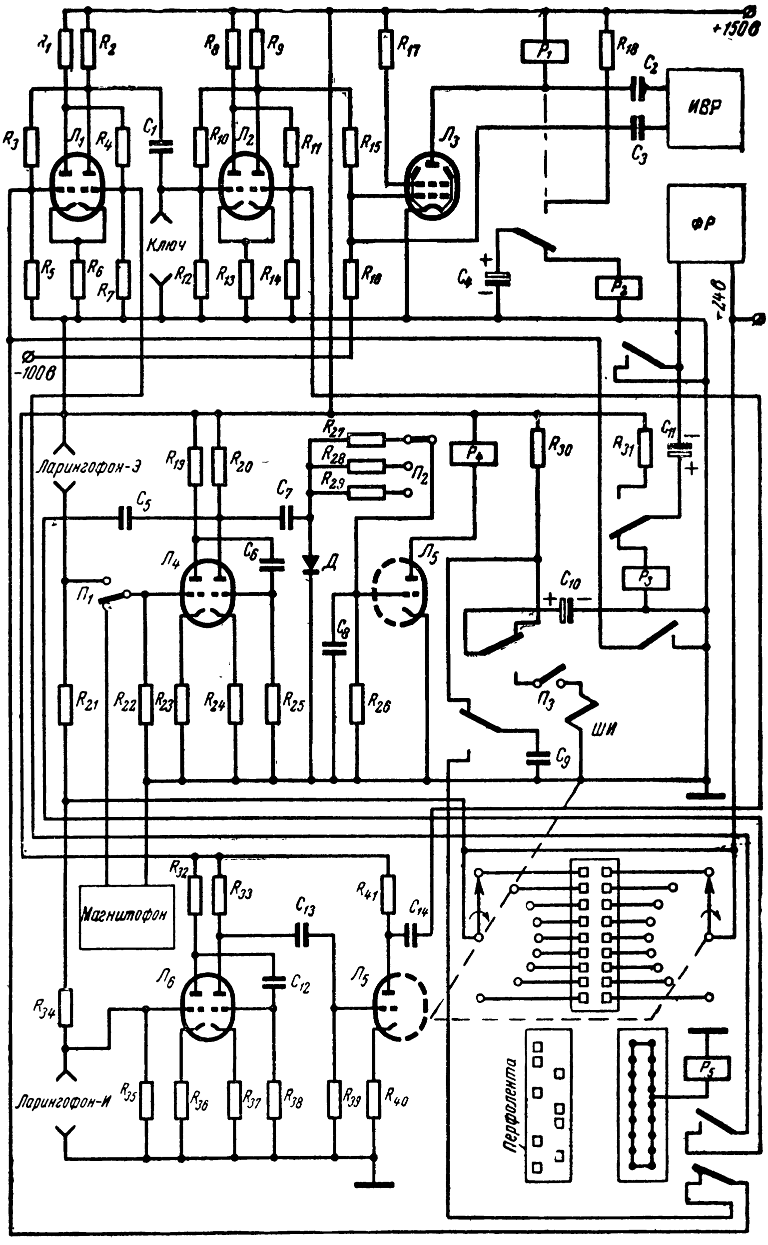


Рис. 41. Принципиальная схема радиофлексометра с магнитофонным управлением.

задержку во времени с тем, чтобы предотвратить возможность появления ложных отметок в промежутках между слогами слов. Величина задержки устанавливается с помощью реле времени и может быть учтена при измерениях.

С выхода программирующего устройства в соответствии с заложенной в нем программой лишь одна отметка, в виде электрического импульса, проходит на спусковое устройство и включает *ИВР*.

Наряду с магнитофоном в приборе предусмотрена возможность подключения датчиков экспериментатора и испытуемого (ларингофонов, микрофонов и т. п.), что позволяет экспериментатору проводить ряд исследований без предварительной записи на магнитофоне.

Ответное действие испытуемого, преобразованное датчиком в электрический сигнал (а при необходимости усиленное дополнительным усилителем звуковой частоты), прекращает отсчет времени реакции. Результат измерения фиксируется фоторегистратором *ФР*. После окончания фоторегистрации спусковое устройство прибора подготавливается к приему очередного словесного сигнала.

Синхронизатор описываемого радиорефлексометра работает на лампах $Л_1$—$Л_3$. На первых двух лампах собраны два триггера, имеющие по два устойчивых состояния электрического равновесия; первый служит для приема сигналов со стороны экспериментатора (или магнитофона), а второй — для приема сигналов со стороны испытуемого и управления режимом работы лампы $Л_3$.

Усилитель звуковой частоты для усиления словесных сигналов собран на двойном триоде $Л_4$, а усилитель для усиления словесных реакций — на лампе $Л_6$ и левом триоде лампы $Л_5$.

Программирующее устройство содержит в себе правый триод лампы $Л_5$, шаговый искатель, программную колодку и реле P_4 и P_5. В приборе применена «жесткая» система программирования. Питание на обмотку реле P_5 подается лишь в том случае, если подвижная ламель шагового искателя, к которой подведено постоянное напряжение 24 *в*, контактирует со своими неподвижными ламелями, соединенными через отверстия в перфокарте с контактными штырями съемной панели. Нормально разомкнутые контакты этого реле подключены к одному плечу первого триггера, а нормально замкнутые— к другому.

Электрические сигналы, соответствующие воспроизведенным на магнитофоне словесным сигналам, поступают на вход двухкаскадного усилителя звуковой частоты, с выхода которого подаются на реле времени, работающее на правом триоде лампы $Л_5$ и реле P_4. Выдержка времени определяется номинальными значениями элементов разрядной цепи, состоящей из конденсатора C_8 и набора резисторов R_{27}, R_{28}, R_{29}. Ступенчатая регулировка выдержки времени производится переключателем $П_2$.

При обесточивании реле P_4 через его нормально замкнутые контакты конденсатор C_{10} заряжается, а при срабатывании этого реле подключается параллельно обмотке шагового искателя и вызывает его импульсное срабатывание. Если при этом реле P_5 сработает, то с помощью его нормально разомкнутых контактов будет подготовлена цепь для подачи электрического сигнала отрицательной полярности, соответствующего началу словесного сигнала, на открытый вход первого триггера. Этот сигнал снимается с правой половины лампы $Л_4$ через конденсатор связи C_5. Опрокидывание первого триггера приведет к включению измерителя времени реакции. Если цепь питания реле P_5 окажется разомкнутой, то через его нормально

замкнутые контакты будет подготовлена цепь для подачи соответствующего окончанию словесного сигнала электрического импульса положительной полярности на закрытую половину лампы первого триггера. Этот импульс снимается с предварительно заряженного конденсатора C_9. Как и в первом случае, триггер опрокинется и включит измеритель времени.

Замыкание любой нормально разомкнутой контактной пары, подключенной к гнездам «*Ключ*», приведет к возвращению в исходное состояние второго триггера и, следовательно, к включению *ИВР*.

Словесная реакция испытуемого преобразовывается ларингофоном (микрофоном) в электрический сигнал, который после усиления трехкаскадным усилителем, собранным на двойном триоде $Л_6$ и левом триоде лампы $Л_5$, в положительной полярности поступит на запертую (правую по схеме) половину лампы второго триггера, вызывая его опрокидывание и включение *ИВР*.

Радиорефлексометр выполнен в виде двух отдельных блоков: собственно рефлексометра и портативного магнитофона. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частотой 50 *гц* и напряжением 220 *в*.

Разработан вариант радиорефлексометра с магнитофонным управлением, где несколько усложненная магнитофонная приставка используется не только для программированного запуска *ИВР* синхронно с предъявлением тех или иных условных сигналов (как словесных, так и непосредственных), но и в качестве регистратора одноэлементных и цепных условных реакций, подлежащих отсроченному временному анализу. При этом словесные и непосредственные реакции испытуемого, преобразованные в соответствующие сигналы, записываются на ленту магнитофона в определенной последовательности с условными сигналами. По окончании эксперимента автоматический временной анализ зарегистрированных сигналов осуществляется *ИВР* радиорефлексометра.

Разработан также аналогичный метод, в основе которого лежит управление радиорефлексометром с помощью озвученного кинофильма, что позволяет точно программировать комплексные, близкие к реальной обстановке зрительно-словесные реакции большой сложности.

Радиолиния радиорефлексометра. Особое место среди методических возможностей радиорефлексометрии занимает временной анализ рефлексов при радиосвязи между экспериментатором и объектом исследования.

В настоящее время для экспериментов применяется обычный теле- или радиорефлексометр с двумя приемопередатчиками: один для экспериментатора (подключается к радиорефлексометру), а второй для испытуемого. Поскольку приемопередатчик экспериментатора может не являться составной частью этих приборов, можно применять в зависимости от характера исследований и расстояния между экспериментатором и испытуемым различные приемопередатчики — маломощные портативные радиотелефоны с фиксированной волной (для клинико-физиологических экспериментов, для наблюдения в пределах стадиона и т. д.) и мощные (при необходимости исследовать, например, человека, летящего на самолете).

В последнее время разработаны радиолинии, где приемопередатчик экспериментатора является неотъемлемой частью радиорефлексометра, имея с ним общие узлы (усилитель звуковой частоты, источники питания и др.).

Для работы с радиорефлексометром в радиотелеварианте желательна радиолиния с дуплексной связью. Можно экспериментировать также с симплексной и полудуплексной радиолинией, но только в этих случаях испытуемому, прежде чем произнести слово, придется производить предварительное переключение с приема на передачу.

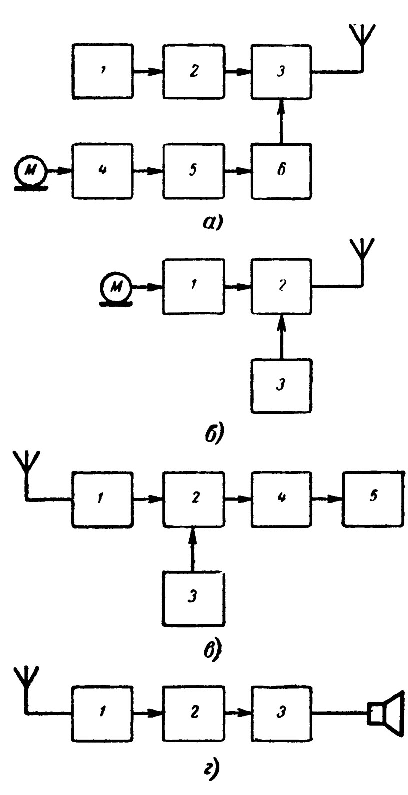


Рис. 42. Блок-схема радиолинии радиорефлексометра при исследовании высшей нервной деятельности человека.

Радиотелеметрическая линия (рис. 42), сконструированная Ю. П. Головко, А. А. Кустовым и Ю. Д. Скрыпником, позволяет подавать испытуемому световое или звуковое раздражение (словесный раздражитель, тональный звуковой сигнал в полосе частот 300—3 400 *гц*), измерять время словесной или двигательной реакции и их биоэлектрических компонентов. Одновременно может быть осуществлена регистрация пульса, дыхания и некоторых других видов вегетативного компонента реакции.

Передатчик экспериментатора. Несущая частота 34,450 *Мгц*. Нестабильность несущей частоты при изменении температуры от 10 до 35° С не более 10^{-5}. Мощность на выходе в режиме несущей частоты не менее 90 *мвт*. Максимальный коэффициент модуляции 70%. Неравномерность частотно-модуляционной характеристики в диапазоне частот от 2 000 *гц* до 10 *кгц* не более 3 *дб*. Потребление тока в режиме несущей частоты при напряжении питания 10 *в*— 56 *ма*.

Блок-схема передатчика экспериментатора приведена на рис. 42,*а*.

Задающий генератор передатчика *1* выполнен по схеме Пирца на транзисторе типа П410 и работает на третьей гармонике кварца, который включен между коллектором и базой. Буферный каскад *2* работает на транзисторе типа П416Б и собран по схеме с общим эмиттером. Связь каскада с задающим генератором трансформаторная. Выходной каскад *3* выполнен по двухтактной схеме на транзисторах типа П416Б. Связь с буферным каскадом трансформаторная. Входной усилитель низкой частоты *4* и подмодулятор *5* работают на транзисторах типа П16Б. Модулятор *6* представляет собой

трансформаторный каскад низкой частоты, выполненный по двухтактной схеме на транзисторах типа П16Б и работает в режиме *АБ*.

Передатчик испытуемого. Несущая частота 45,537 *Мгц*. Нестабильность несущей частоты при изменении температуры от 10 до 35° С составляет не более $2 \cdot 10^{-5}$. Мощность на выходе в режиме несущей частоты не менее 20 *мвт*. Максимальный коэффициент модуляции 70%. Неравномерность частотно-модуляционной характеристики на частотах от 50 *гц* до 18 *кгц* не более 4 *дб*.

Блок-схема передатчика испытуемого представлена на рис. 42,*б*.

Задающий генератор *1* выполнен по схеме Пирца на транзисторе типа П410. Кварц включен между коллектором и базой. Генератор работает на третьей гармонике кварца. Выходной каскад *2* является модулируемым каскадом с базовой модуляцией. Он выполнен на транзисторе типа П416Б. Связь с задающим генератором трансформаторная. Связь выходного каскада с антенной также трансформаторная. Модулятор *3* представляет собой двухкаскадный усилитель низкой частоты и выполнен на транзисторах типа П16Б.

Приемник экспериментатора. Рабочая частота 45,537 *Мгц*. Чувствительность приемника при соотношении выходных напряжений модулированного сигнала к немодулированному 5 : 1 не ниже 4 *мкв*. Полоса пропускания приемника на уровне 0,7 не менее 40 *кгц*. Избирательность по зеркальному каналу не менее 26 *дб*. Неравномерность частотной характеристики не более 2 *дб*. Промежуточная частота приемника равна 2 000 *кгц*. Ослабление чувствительности к сигналам с частотой, равной промежуточной, не менее 70 *дб*, равной частоте передатчика экспериментатора, не менее 80 *дб*. Величина выходного напряжения приемника при изменении напряжения на его входе в пределах от 4 до 1 000 *мкв* изменяется не более чем на 20%. Потребление тока равно 15 *ма* при номинальном напряжении 10 *в*.

Блок-схема приемника экспериментатора представлена на рис. 44,*в*.

Резонансный усилитель высокой частоты *1* собран по схеме с общим эмиттером на транзисторе типа П416Б. Смеситель *2* совместно с генератором *3* приемника выполняет функции преобразователя частоты принимаемого сигнала в промежуточную частоту. Смеситель собран по схеме с общим эмиттером на триоде типа П416Б. Напряжение сигнала поступает на базу, а напряжение гетеродина — на эмиттер триода смесителя. Промежуточная частота выделяется на фильтре сосредоточенной селекции и далее усиливается каскадами усилителя промежуточной частоты *4*. Гетеродин выполнен на двух транзисторах типа П416Б по схеме с положительной обратной связью на частоте последовательного резонанса кварца.

Усилитель промежуточной частоты состоит из апериодического усилителя на транзисторе типа П416Б, эмиттерного повторителя и резонансного усилителя на транзисторах того же типа. Детектор *5* выполнен на диоде типа Д9.

Приемник испытуемого. Рабочая частота 34,450 *Мгц*. Полоса пропускания на уровне 0,7—30 *кгц*. Чувствительность не ниже 20 *мкв* при соотношении выходных напряжений модулированного сигнала к немодулированному 5 : 1. При напряжении сигнала на входе приемника 20 *мкв* и глубине модуляции 30% напряжение на выходе усилителя низкой частоты на низкоомном телефоне типа ТА-56 не менее 0,1 *в*. Неравномерность частотной характеристики не более 3 *дб* в полосе частот 300—3 400 *гц*. Электропитание автономное,

потребляемый ток не более 7 *ма* при номинальном напряжении 9 *в*

Блок-схема приемника испытуемого представлена на рис. 42,*г*.

Резонансный усилитель высокой частоты *1* собран на транзисторе типа П416Б по схеме с общим эмиттером. Сверхрегенеративный каскад работает на транзисторе типа 416Б по схеме с общей базой и выполняет роль усилителя высокой частоты и сверхрегенеративного детектора. В сверхрегенераторе используется явление прерывистой генерации по принципу «самогашения». Периодический срыв колебаний несущей частоты задается выбором режима и элементов схемы сверхрегенератора.

Сверхрегенератор работает в «нелинейном» режиме, который обеспечивает относительно малые изменения выходного напряжения при значительных изменениях уровня входного сигнала, что эквивалентно действию АРУ. Усилитель низкой частоты двухкаскадный, на полупроводниковых триодах типа П16. Такая радиолиния дает надежную двустороннюю дуплексную связь на расстоянии до 300 *м* в пределах стадиона и парка средней лесистости.

РЕФЛЕКСОМЕТРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ РЕАКЦИИ. НЕЙРОТАХОМЕТРЫ

Точный временный анализ «произвольного», активного торможения начавшейся реакции (двигательной, словесной, дыхательной) представляет большой теоретический и практический интерес.

Приведем примеры того, как колебание скрытого периода торможения начавшейся реакции в пределах нескольких миллисекунд может оказать решающее влияние на практический результат реакции.

Волейболист устремился к мячу, замахнулся, но вдруг заметил, что мяч, посланный соперником, летит за пределы площадки; необходимо мгновенно затормозить начавшееся движение, чтобы не коснуться мяча.

Подан сигнал о наличии в воздухе ядовитых веществ, прежде всего необходимо моментально затормозить дыхание.

Врач, ведущий разговор о прогнозе тяжелобольного, мгновенно замолкнет (останавливается на полуслове) при неожиданном появлении последнего.

Изучение скрытого периода активного торможения начавшейся реакции имеет большое значение для физиологии труда, особенно в условиях невесомости и клинико-физиологических исследований больных, страдающих некоторыми двигательными расстройствами (хорея, паркинсонизм и др.).

Разработана методика, позволяющая точно измерять скрытый период торможения реакции, причем не только двигательной, но также дыхательной и голосовой. Измерение голосовой и дыхательной реакций основано на бесконтактном методе, измерение же скрытого периода торможения двигательной реакции осуществляется лишь в условиях соприкосновения движущейся конечности с поверхностью какого-либо твердого тела или жидкости.

Суть методики и конкретные условия эксперимента сводятся к следующему. (Исследования проводятся с помощью радиорефлексометра РРМ-59 или РРМ-59М в варианте Сн-Ск.)

Один из проводов ларингофона (микрофона, скриптофона или какого-либо другого датчика), включенного в соответствующие

гнезда РРМ, разомкнут ключом экспериментатора. Исследуемый воздействует на ларингофон той или иной реакцией (голосовой, дыхательной, двигательной), но так как цепь ларингофона разомкнута, измеритель времени реакции не запускается. Экспериментатор, нажимая на ключ, одномоментно замыкает цепь ларингофона, запуская времяизмерительное устройство, и подает исследуемому сигнал о необходимости затормозить начавшуюся реакцию (прекратить воздействие на ларингофон). Отрезок времени, в течение которого реакция исследуемого еще будет продолжаться после предъявления сигнала, замеряется времяизмерительным устройством.

Этим же методом с помощью электромиорефлексометра можно измерять скрытый период торможения биопотенциального компонента перечисленных реакций.

Нетрудно заметить, что в исследование скрытого периода двигательной тормозной реакции как необходимое методическое звено входит измерение длительности движения, например длительности перемещения конечности (в том числе и длительности соответствующего биопотенциального компонента). Следовательно, при фиксированном пути можно измерить и скорость этого перемещения (такие приборы для измерения скрытого периода торможения только двигательной реакции называются нейротахометрами).

Естественно, длительность и скорость перемещения конечности могут быть предметом самостоятельного исследования, особенно в нейрофизиологии, спортивной медицине, нервной клинике (измерение диадохокинеза и др.).

Рефлексометр для совместного измерения скорости положительной и тормозной реакций[1]. Совместное измерение этих реакций позволяет более глубоко анализировать нейродинамические, в частности индукционные отношения, особенно в тех представляющих интерес условиях, когда сигнал о прекращении реакции следует через небольшой интервал (менее 1 *сек*) после ее начала. Как известно, начавшуюся реакцию труднее всего быстро затормозить в пределах первой секунды ее осуществления.

Практически важным при указанных совместных измерениях является автоматическое включение условного сигнала на прекращение (торможение) реакции через заданный интервал после ее начала, так как подача этих сигналов «на глазок» служит источником серьезных неточностей.

Описываемый прибор рассчитан на исследование двигательной, словесной и дыхательной реакций.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 43 (некоторые узлы изображены условно: $ИВР_1$ и $ИВР_2$ — измерители времени реакций, $ИР_1$ и $ИР_2$ — источники раздражений; *ДЭ* и *ДИ* — датчики экспериментатора и испытуемого).

Первый синхронизатор работает на лампах $Л_1$, $Л_2$, $Л_5$ и левой половине лампы $Л_3$. Он включает первый измеритель времени синхронно с предъявлением первого условного сигнала и выключает его в начале положительной реакции. На лампах $Л_4$, $Л_8$ и правой половине $Л_3$ работает второй синхронизатор, включающий второй измеритель времени синхронно с предъявлением второго условного сигнала и выключающий его в начале тормозной реакции.

---

[1] Под совместным измерением положительной и тормозной реакций понимается измерение этих реакций в течение одного непрерывного рефлекторного акта, например одного движения.

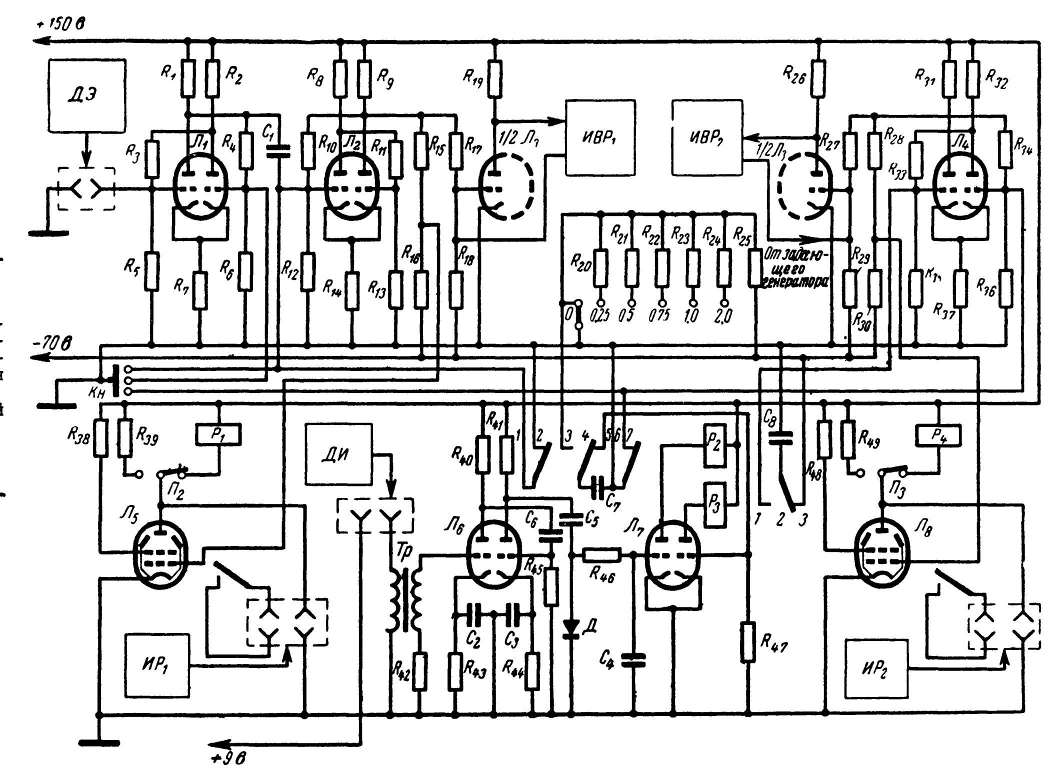


Рис. 43. Принципиальная схема рефлексометра для совместного измерения скорости положительной и тормозной реакций.

На лампах $Л_1$, $Л_2$ и $Л_4$ собраны триггеры, имеющие по два устойчивых состояния электрического равновесия, а на лампе $Л_3$ — два усилителя импульсов, режимы работы которых управляются триггерами. Наличие двух триггеров в первом синхронизаторе обусловлено необходимостью выключения первого $ИВР_1$ и первого условного сигнала независимо от длительности запускающего сигнала, снимаемого с датчика экспериментатора.

Лампы $Л_5$ и $Л_8$, так же как соответствующие половины лампы $Л_3$, являются усилительными и служат активными элементами в цепях питания обоих источников условных сигналов. Маломощные (в пределах мощности рассеивания на анодах ламп) источники подключаются непосредственно к анодным нагрузкам этих ламп, а более мощные — к внешним цепям питания посредством электромагнитных реле P_1 и P_4, включаемых с помощью тумблеров $П_2$ и $П_3$ в анодные цепи указанных ламп вместо нагрузочных резисторов R_{39} и R_{49}.

Между окончанием отсчета времени $ИВР_1$ и началом отсчета $ИВР_2$ введена искусственная временная задержка, для чего в цепь между синхронизаторами включено электронное реле времени, работающее на лампе $Л_7$ и двух электромагнитных реле P_2 и P_3.

В исходном состоянии левая половина лампы $Л_1$ и правая половина лампы $Л_2$ отперты. Следовательно, левая половина $Л_3$ заперта, и $ИВР_1$ выключен. При опрокидывании с помощью сигналов *ДЭ* первого триггера опрокидывается второй триггер, что приведет к включению $ИВР_1$ и первого условного сигнала $ИР_1$.

Ответное действие испытуемого, преобразованное датчиком *ДИ* в электрический сигнал низкой частоты, подается на вход двухкаскадного усилителя напряжения, собранного на двойном триоде $Л_6$. Усиленный сигнал с правого анода этой лампы поступает на левую половину лампы реле времени $Л_7$, в анодную цепь которой включено электромагнитное реле P_2.

В исходном состоянии за счет начального анодного тока лампы $Л_7$ якорь реле P_2 притянут. Его контакты *1—2*, подключенные к открытому после опрокидывания входу второго триггера первого канала измерения, разомкнуты, а контакты *6—7*, подключенные к открытому входу триггера второго канала измерения, замкнуты. При этом конденсатор C_7 с помощью контактов *3—4—5* отключится от управляющей сетки правой половины $Л_7$ и подключится для заряда к отрицательному напряжению Якорь реле P_3 по той же причине, что и якорь реле P_2, притянут.

При появлении сигнала на входе двухкаскадного усилителя (во время ответной реакции испытуемого на первый условный сигнал) анодный ток через левую половину лампы $Л_7$ уменьшится и станет недостаточным для удержания якоря реле P_2 в притянутом положении. Контакты *1—2* замкнутся, благодаря чему опрокинется триггер на лампе $Л_2$ и прекратится отсчет времени *ИВР*. Одновременно конденсатор C_7 отрицательно заряженной обкладкой подключится к сетке правой половины лампы $Л_7$, ее анодный ток уменьшится и станет недостаточным для удержания якоря реле P_3. Начнется выдержка времени, определяемая величиной постоянного напряжения, до которого зарядится конденсатор C_7, и параметрами разрядной цепи C_7R_{47}.

Переключением резисторов R_{20}—R_{25} изменяется величина зарядного напряжения, что позволяет получить временную выдержку реле P_3 следующих значений: 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 и 2,0 *сек*.

По мере разряда конденсатора C_7 через резистор R_{47} ток правой половины лампы $Л_7$ возрастает, и при некотором его значении вновь произойдет срабатывание реле P_3. На открытый вход триггера второго канала измерения подключится предварительно заряженный отрицательным напряжением конденсатор C_8. Триггер опрокинется и отопрет лампу $Л_8$ и правую половину лампы $Л_3$, т. е. начнет действовать второй условный сигнал (на торможение реакции) и $ИВР_2$.

По окончании ответного действия испытуемого реле P_2 снова срабатывает и контактами *6—7* возвращает триггер второго канала измерения в исходное состояние, прекратив тем самым работу $ИВР_2$ и второго условного сигнала.

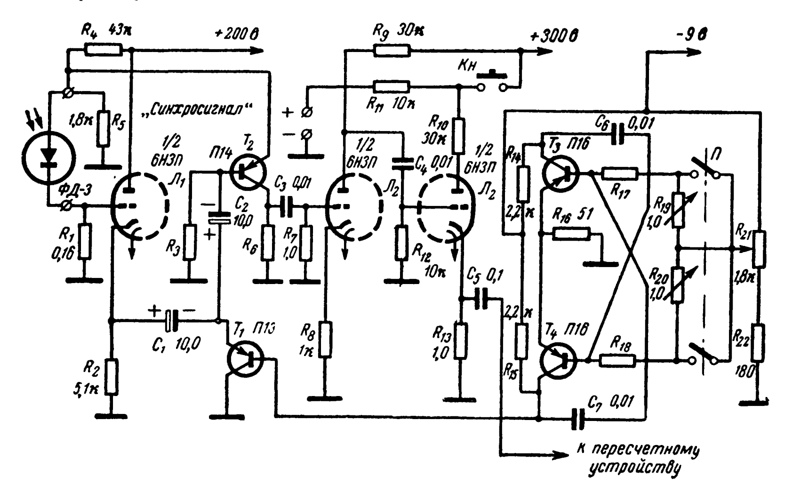


Рис 44. Принципиальная схема нейротахометра НТ-1.

Приведение триггеров в исходное состояние производится нажатием на кнопку *Кн*.

Прибор выполнен в виде настольной конструкции. Все органы управления и регулировки выведены на переднюю панель.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частотой 50 *гц* напряжением 220 или 127 *в*.

Нейротахометр НТ-1[1]. При конструировании нейротахометра НТ-1 была предусмотрена возможность бесконтактного измерения скрытого периода торможения двигательной реакции в трехмерном пространстве. Одновременно прибор рассчитан на измерение длительности любых движений, осуществляемых в трехмерном пространстве. Прибор не рассчитан на измерение скрытого периода торможения голосовой и дыхательной реакций, а также биоэлектрического компонента двигательной реакции.

В качестве датчика испытуемого применен фотодиод, укрепляемый на конечности, участвующей в двигательной реакции. Движение фотодатчика вместе с конечностью в трехмерном пространстве отно-

---

[1] Прибор разработан радиолюбителем С. Н. Кузнецовым и одним из авторов данной книги.

сительно точечного источника света обусловливает на выходе указанного датчика электрический сигнал, используемый для управления прибором. Сигнал от датчика поступает на измерительную схему с момента включения сигнала к прекращению движения до момента остановки движения. Этот временной интервал и рассматривается как скрытый период торможения двигательной реакции.

Время скрытого периода торможения двигательной реакции измеряется дискретно. Видеоимпульс от датчика преобразуется в серию прямоугольных импульсов с частотой повторения 1 000 или 10 000 *гц*, число которых фиксируется пересчетным устройством, выполненным на декатронах. Сумма зафиксированных импульсов и определяет длительность измеренного промежутка в соответствующем масштабе времени.

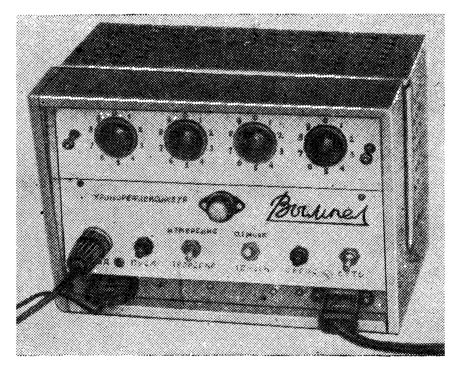


Рис. 45. Нейротахометр «Вымпел».

Представляет интерес та часть принципиальной схемы прибора (рис. 44), которая содержит конкретное решение вопроса получения информации о наличии движения и преобразования ее в сигнал, связанный с мерой времени.

Датчик перемещения — фотодиод нагружен на резистор R_1. Изменение освещенности активной поверхности фотодиода ведет к изменению сопротивления его перехода, а следовательно, и тока через резистор R_1.

Прерыватель на транзисторе T_1 преобразует видеоимпульс, снятый с резистора R_1, в прямоугольные импульсы. Согласование нагрузки фотодиода с входом транзисторного прерывателя осуществляется с помощью катодного повторителя на лампе $Л_1$. Транзисторный прерыватель работает в режиме ключа и управляется прямоугольными импульсами, которые подаются на базу транзистора T_1 с выхода мультивибратора. Мультивибратор собран на транзисторах T_3 и T_4 и рассчитан на две рабочие частоты, выбор которых осуществляется переключением резисторов в цепи базы.

Раздробленный на серию импульсов сигнал датчика усиливается комбинированным усилителем, выполненным на транзисторе T_2 и двойном триоде $Л_2$.

Подсчет импульсов для измерения скрытого периода торможения двигательной реакции начинается синхронно с включением сигнала к прекращению движения. Для питания источника сигнала к прекращению движения с прибора снимается постоянное напряжение величиной 200 *в*, включение которого осуществляется при нажатии на кнопку *Кн*. Через контакты этой кнопки подается анодное напряжение на правую половину лампы $Л_2$, лампа отпирается, и с ее катодной нагрузки R_{13} импульсы поступают для регистрации в пересчетную схему.

Блок питания прибора включает в себя два стабилизированных выпрямителя положительного и отрицательного напряжения: +300 *в*, (30 *ма*) и —150 *в* (30 *ма*) соответственно. Прибор питается от сети переменного тока частотой 50 *гц* и напряжением 220 *в*.

Прибор может быть выполнен в двух вариантах:

1) в едином комплексе с электронной измерительной схемой и пересчетным устройством (прибор «Вымпел», рис. 45);

2) в виде портативной приставки, собранной на полупроводниках и предназначенной для подключения к промышленным пересчетным приборам (ПС-20 и др.) или радиорефлексометрам.

Как уже упоминалось, прибор рассчитан не только на измерение скрытого периода торможения двигательной реакции, но и на измерение продолжительности любого движения, осуществляемого в трехмерном пространстве. К сожалению, схема нейротахометра НТ-1 работает недостаточно устойчиво, тем не менее она представляет интерес для радиолюбителей, интересующихся нейротахометрией.

КОМПЛЕКСНАЯ РАДИОРЕФЛЕКСОМЕТРИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Установка включает несколько основных взаимодействующих блоков: рефлексометрический блок; устройство для измерения скрытого периода торможения реакции и нейротахометрии; блок предъявления раздражителей; специальную дуплексную радиолинию; блок датчиков реакции; блок документальной регистрации (рис. 46).

Каждый из перечисленных блоков этого комплекса выполнен отдельно и может при необходимости работать независимо от других, обеспечивая различные нейрофизиологические и экспериментально-клинические методики.

За исключением некоторых частей блока документальной регистрации (осциллограф, киноприставка, цифропечатающая машина и др.) установка выполнена как переносная и является весьма портативной. Вместе с тем она рассчитана на развертывание в стационарных условиях, соответствующих потребностям современных нейрофизиологических лабораторий.

Некоторые из основных блоков установки, например радиолиния, описаны выше, поэтому в настоящем параграфе мы лишь кратко коснемся их основных медико-технических характеристик.

Ближайшими прототипами рефлексометрического блока являются теле- и радиорефлексометры. Однако рефлексометрический блок установки, сохраняя особенности упомянутых приборов, выполнен на более высоком техническом уровне (широкое применение полупроводников, функциональных блоков, переход на цифровые индикаторы, более совершенная коммутация и др.).

Устройство для определения скрытого периода торможения двигательной реакции и нейротахометрии основано на новом более точном и перспективном принципе, чем ранее известные.

Дуплексная радиолиния является первой опытно-промышленной радиолинией, специально сконструированной для получения радиотелеметрической информации о состоянии рефлексов. Ее особенности: телеметрическая приставка, обеспечивающая одновременно с временным анализом рефлекса регистрацию его вегетативного компонента (пульс, дыхание и др.), радиоуправляемый блок световых и звуковых раздражителей.

Разработан вариант установки, где приемо-передатчик экспериментатора является неотъемлемой частью рефлексометрического блока, имея с ним общие узлы.

Блок раздражителей позволяет формировать световые, звуковые и электрические сигналы. В нем предусмотрены следующие режимы работы раздражителей: одиночные и двойные ритмические импульсы; одиночные и двойные импульсы от кнопки (ключа экспериментатора); постоянное воздействие.

Частота следования одиночных импульсов изменяется плавно в пределах 1—100 *гц* с точностью ±5% для светового и звукового

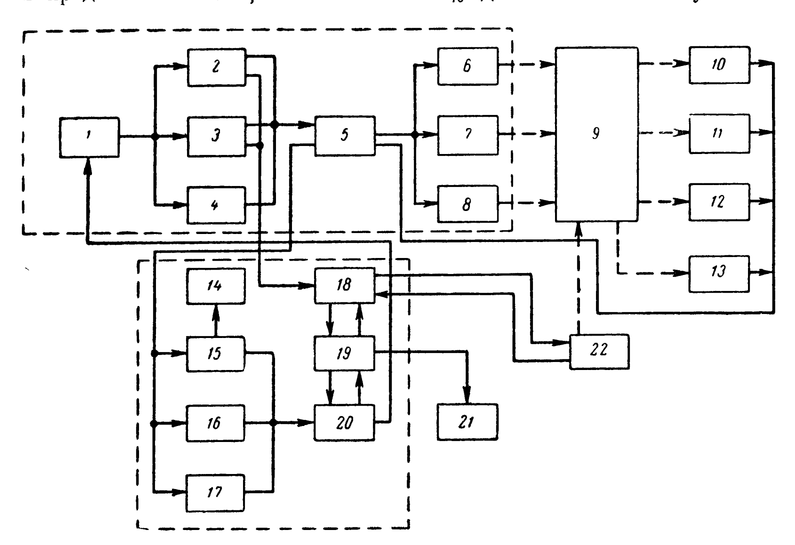


Рис. 46. Блок-схема комплексной радиорефлексометрической установки для исследования высшей нервной деятельности человека.

1 — импульсный формирователь раздражения; *2* — формирователь светового раздражения; *3* — формирователь звукового раздражения; *4* — формирователь электрического раздражения; *5* — проводная линия; *6* — источник светового раздражения; *7* — источник звукового раздражения; *8* — источник электрического раздражения; *9* — испытуемый; *10* — датчик словесной реакции; *11*—датчик двигательной реакции; *12* — датчик биоэлектрической реакции; *13* — измеритель скрытого периода двигательной реакции; *14* — измеритель звукового давления; *15* — формирователь словесной реакции; *16* — формирователь двигательной реакции; *17* — формирователь биоэлектрической реакции; *18* — приемопередатчик экспериментатора; *19* — *ИВР*; *20* — электронный коммутатор; *21* — устройство для автоматического оттиска результатов измерения; *22* — приемопередатчик испытуемого.

раздражителя и 1—1 000 *гц* с точностью ±5% для электрического раздражителя. Длительность одиночных импульсов меняется в пределах 5—2 000 *мксек* с точностью ±10%. В режиме двойных импульсов интервал между ними регулируется от 25 до 1 000 *мсек* с точностью ±10%.

В световом раздражителе имеется возможность изменения интенсивности свечения источника раздражения. В звуковом раздражителе есть регулировка частоты в пределах 50—15 000 *гц*, интенсивности звука в пределах 0,5—60 *дб*. Раздражители обеспечивают воздействие на испытуемого, который с помощью датчиков словесной, двигательной или биоэлектрической реакций воздействует на измеритель времени реакции через электронный коммутатор. Изме-

ритель времени имеет два канала, позволяющих измерять интервалы времени от 1 *мксек* до 20 *сек* с точностью ±0,5 *мксек* и работает по принципу пересчета импульсов. Индикация показаний измерителя времени осуществлена на лампах ИН-2.

Запуск *ИВР* осуществляется как непосредственным сигналом, так и словесным сигналом с задержкой, регулируемой в пределах от 0 до 1 *сек*.

В установке предусмотрена возможность подключения любых внешних источников раздражений на любом источнике питания (в частности, кинопроекторов, других оптических проекторов, телевизионной трубки и др.). Наряду с использованием упомянутой портативной радиолинии имеется возможность работы прибора с промышленными приемопередатчиками мощных радиолиний (например, аэродромно-самолетных), имеющих дуплексную связь.

Глава V

ЭЛЕКТРОННАЯ ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРИЯ В УСЛОВИЯХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОТБОРА И ПРОГРАММИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ. ОБУЧАЮЩИЕ ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРЫ

НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРИИ В УСЛОВИЯХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Радиорефлексометры эффективно применить можно и для целей профессионального отбора, обучения и тренировки.

Многие из оправдывающих себя на практике приемов и методов исследования связаны с использованием в качестве условных сигналов изображений, возникающих на экране, или словесных сигналов, предъявляемых с помощью магнитофонной приставки. При этом, в зависимости от задач исследования, используется какой-либо один из вариантов работы радиорефлексометра (главным образом, применительно к исследованию связей Н-Сн, Сн-Н, Ск-Н и Ск-Сн).

Приведем пример для пояснения идеи, положенной в основу более сложных разновидностей соответствующих экспериментов.

Оптический проектор с автономным источником питания включается в специальные гнезда радиорефлексометра (рис. 47). Экспериментатор нажимает на ключ. При этом запускается измеритель времени и одновременно на экране появляется то или иное изображение. Испытуемый, назвав изображение или ответив какой-либо другой соответствующей словесной реакцией, останавливает *ИВР*. На экран можно проецировать изображение шкалы прибора, написанного иностранного слова, кода, топографического или нотного знака, математического символа, силуэта самолета и т. д.

Скрытый период реакции на рассматриваемый раздражитель автоматически измеряется и в том случае, если она носит не только устный, но и письменный характер. При этом в зависимости от задач исследования *ИВР* может быть остановлен началом или концом написанного слова (фразы, цифры, числа и т. д.). Для этих целей удобно пользоваться скриптофоном или одним из нейротахометров.

В конструкциях новейших радиорефлексометров предусмотрено автоматическое управление сменой изображения на экране, программированное управление и управление, основанное на принципе обратной связи (конец реакции испытуемого автоматически приводит не только к остановке *ИВР*, но и к смене кадра).

Пользование теле- и радиорефлексометрами, особенно РРМ с магнитофонным управлением, обеспечивает автоматический временной анализ словесных или письменных реакций на словесные (голосовые, музыкальные) сигналы.

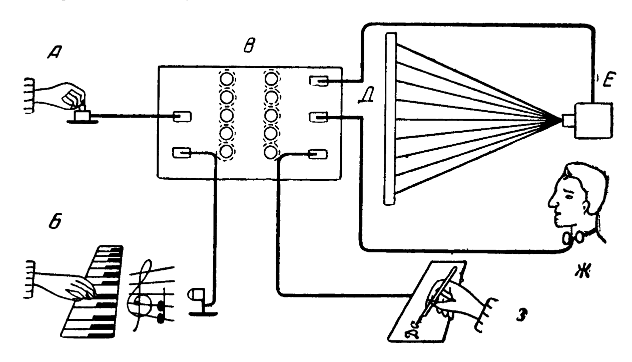


Рис. 47. Простые варианты использования радиорефлексометра для некоторых целей профессионального отбора, обучения и тренировки

А — ключ экспериментатора; *Б* — рука экспериментатора на клавишах пианино; *В* — радиорефлексометр; *Г* — микрофон; *Д* — экран; *Е* — оптический проектор; *Ж* — испытуемый с ларингофонами; *З* — скриптофон.

Например, можно определить скрытый период и другие параметры двигательной реакции стенографистки, записывающей слова, воспринимаемые на слух (использование РРМ-Ц в этих условиях дает возможность измерять не только скрытый период стенографирования отдельного слова, но также скорость его написания, интервалы между отдельными словами и интенсивность нажима карандашом).

Весьма показательны подобные эксперименты применительно к узнаванию музыкальных нот (мелодий и т. п.). Они могут быть проведены и без помощи магнитофонной приставки В этом случае вибродатчик радиорефлексометра прикрепляется к корпусу пианино (или какого-либо другого музыкального инструмента). Экспериментатор незаметно для испытуемого нажимает на клавишу или группу клавиш, *ИВР* запускается. Испытуемый отвечает, какая нота или какие ноты звучали, и началом своего ответа останавливает счетную схему.

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХ МАШИН И ЭЛЕКТРОННЫХ ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРОВ

Приведенные примеры достаточно убедительно свидетельствуют о возможностях и перспективах применения электронных хронорефлексометров и особенно радиорефлексометров для целей профессионального отбора, обучения и тренировки.

Напрашивается мысль об использовании этих приборов для программированного обучения в качестве приставок к различного рода обучающим машинам, а также для конструирования на их основе самостоятельного типа обучающих машин (ОМ); назовем их условно обучающими хронорефлексометрами. У ОМ есть недостаток, который сводится к тому, что при оценке ответа обучаемого на вопрос недостаточно учитывается фактор времени. Правда, при конструировании некоторых ОМ предусмотрено наличие автомата с автоматической выдержкой времени на обдумывание вопросов в зависимости от их сложности. В этом случае после истечения времени, положенного на обдумывание, вопрос сменяется следующим и ответ засчитывается как неверный.

Надо признать, что для большинства наиболее важных категорий вопросов, которые могут быть предъявлены ОМ, особенно по так называемой разветвленной программе, подобный упрощенный, примитивный временной анализ ответов приемлем. Речь идет об ответах, требующих размышления, для которых факторы запоминания, автоматизации, готовности ответить немедленно не играют значительной и тем более решающей роли. Впрочем, и в этих случаях уточненные формы временного анализа ответа вряд ли являются излишними.

Однако даже беглое знакомство с самыми различными программами, закладываемыми в ОМ, обнаруживают, что немалая часть содержащихся в них вопросов в реальных (профессиональных) условиях будет требовать ответов не только правильных, но и возможно более быстрых. Принципиальная суть вопроса в том и заключается, что с практической, профессиональной точки зрения (а именно она является решающей) в подобных случаях правильность ответа нельзя рассматривать в отрыве от его своевременности, являющейся неотъемлемым органическим компонентом этой правильности. Умение в необходимых случаях отвечать на вопрос, задаваемый ОМ, возможно было быстро (словом или целесообразным действием, тем и другим одновременно или последовательно) необходимо не только выявлять, но и упражнять, тренировать.

Сдающему экзамен на получение водительских прав, надо не просто верно ответить на вопрос по Правилам уличного движения, но и сделать это достаточно быстро, так как в практической (профессиональной) ситуации ему придется мысленно отвечать на такие вопросы и начинать соответственно действовать через предельно короткие отрезки времени.

Важно подчеркнуть, что обучение в рассматриваемых случаях складывается из двух стадий: 1) усвоение правильного ответа на вопрос, 2) упражнение с целью прочного запоминания усвоенного, выработки способности давать правильный ответ возможно более быстро, автоматически.

Использование обучающих хронорефлексометров как своего рода тренажеров, ускоряющих обучение на второй стадии, тем более обосновано, что она более продолжительна.

Всякий процесс обучения включает выработку комплекса сложных условных рефлексов — прежде всего словесных и двигательных. С другой стороны, именно в процессе обучения создаются особенно выгодные условия для глубокого и разностороннего изучения высшей нервной деятельности человека.

ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА ОБУЧАЮЩЕГО ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРА

Таким образом, из медико-технических требований к обучающим хронорефлексометрам (ОХ) основным и специфическим является возможность временного анализа ответа обучаемого. Вместе с тем, использование ОМ в комплексе с новейшими хронорефлексометрами обеспечивает следующие дополнительные преимущества, реализацию которых также необходимо предусматривать при разработке ОХ.

1) Возможность точного временного анализа ответа обучаемого в условиях, когда задание дается устно, а ответ устно или письменно. Эти условия максимально близки к естественным. Между тем в обычных ОМ ответ испытуемого, как правило, кодируется: он вынужден ограничиваться нажимами на различные ключи, пользоваться номеронабирателями.

Следует также подчеркнуть, что применение радиорефлексометров дает возможность сочетать временной анализ словесных и письменных ответов обучаемого с регистрацией их «энергетического» (до некоторой степени эмоционального) компонента (например, интенсивность нажима карандашом).

2) Возможность точного временного анализа ответа обучаемого в условиях, когда этот ответ носит характер последовательной цепной двигательно-словесной реакции (взаимозависимое чередование слов и целесообразных действий).

3) Возможность отсроченного автоматического временного анализа ответов обучаемого, зарегистрированных магнитофонной приставкой.

4) Возможность управления ОХ по радио или по каналу телефонной линии связи.

5) Возможность регистрации и временного анализа вегетативного, биоэлектрического и некоторых других компонентов сложных условных рефлексов, лежащих в основе обучения (миоэлектрический компонент двигательных и словесных реакций, КГР, электроэнцефалограмма, пульс, дыхание и др.).

6) Возможность управления длительностью и интенсивностью (освещенность, громкость) экспонируемого сигнала (вопроса) посредством КГР обучаемого (для создания на этой основе «обучающих машин, способных учитывать эмоциональное воздействие материала, подлежащего усвоению»).

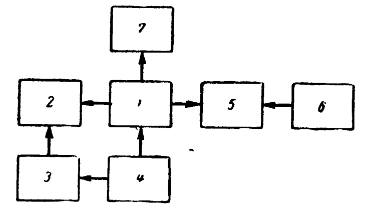


Рис. 48. Блок-схема обучающего хронорефлексометра.

7) Возможность работы ОХ в таком режиме, когда обучаемый единолично управляет *ИВР*, например, автоматически включает его задним фронтом вопроса, произнесенного вслух, а останавливает началом ответа (реакции типа Ск-Сн). Такая возможность удобна для самообучения.

Блок-схема ОХ, изображенная на рис. 48, включает лишь минимум обязательных блоков, которые могут быть конструктивно привязаны к самым различным типам ОМ. Она рассчитана главным образом на малогабаритные, экономически доступные ОХ, соизмери-

мые с новейшими радиорефлексометрами, но может быть положена в основу и крупногабаритных обучающих установок, использующих электронную вычислительную машину.

На блок-схеме: *1*—собственно радиорефлексометр с магнитофонным управлением, *2* — видеоканал (оптический проектор, телевизионная трубка и т. п.), *3* — блок автоматического управления сменой изображения на экране, *4* — блок датчиков обучаемых, *5* — блок оценок, *6* — регулятор блока оценок, *7* — цифропечатающая машина.

Блок датчиков обучаемого может быть рассчитан на все возможности современных радиорефлексометров, но, как минимум, должен включать ларингофон, микрофон, электроконтактные и фотоэлектрические датчики, а также датчики вышеупомянутых биоэлектрических реакций.

Наиболее специфической частью ОХ, отличающей его как от радиорефлексометра, так и от ОМ, является, как это на первый взгляд ни странно, регулируемый блок оценок. Он решает существенно иные задачи, чем так называемый накопитель оценок ОМ. Для накопителя оценок ОМ оценки обычно программируются безотносительно к индивидуальным или групповым свойствам обучаемых, т. е. исключительно в зависимости от правильности или неправильности ответов и их процентного соотношения. Обучающий хронорефлексометр на второй стадии обучения (автоматизация) проводит временной анализ ответа, для которого упомянутый принцип определения оценок неприменим. Латентный период ответа, оптимальный для одной группы людей (возраст, образование, предшествующий опыт и др.), может оказываться «посредственным» и даже «плохим» для другой группы обучаемых. Это справедливо для одного и того же человека в различные периоды его жизни, на различных этапах профессионального обучения и т. д.

Отсюда возникает необходимость регулировки блока оценок перед каждой серией исследований с тем, чтобы при одних и тех же результатах временного анализа выставлялись бы разные оценки в зависимости от «исходного фона».

Радиорефлексометр с магнитофонным управлением, входящий в состав ОМ, полностью рассчитан и на программированное управление с помощью озвученного кинофильма. При таком весьма эффективном и максимально приближенном к естественным условиям, но пока еще не самом экономичном методе использования ОХ, озвученный кинофильм будет объединять, и притом на более высоком уровне, возможности видеоканала и блока магнитофонного управления. Пример: перед обучаемым на экране появляются необходимые иллюстрации и изображение преподавателя, задающего вопрос, при этом голос преподавателя (конец вопроса) будет автоматически запускать *ИВР*.

Как следует из вышеизложенного, обучение с помощью ОХ должно складываться из двух стадий.

Первая стадия аналогична работе с помощью обычной ОМ: обучаемый усваивает необходимую информацию и после каждого пробного ответа получает со стороны машины соответствующие подкрепления («правильно» — «неправильно»). При этом ответ обучаемого кодируется: он может ограничиваться нажимом на различные электроконтактные датчики (ключи). Однако для большей успешности последующей стадии обучения выгоднее, чтобы обучаемый отвечал комплексной двигательно-словесной реакцией, т. е. одновременно с нажимом на ключ или каким-либо другим действием отвечал устно.

Временной анализ ответа на первой стадии необязателен, хотя вполне возможен и, на наш взгляд, целесообразен.

Вторая стадия обучения связана с автоматизацией воспроизведения (устные или письменные ответы, действия) той части усвоенного, для которой подобная форма усвоения оправдана. Эта стадия непременно осуществляется с применением разностороннего временного анализа и использованием регулируемого блока оценок, т. е. всего специфического комплекса блоков ОХ.

ЛИТЕРАТУРА

Барченков С. А., Радиоэлектроника обучает, управляет и контролирует, Воениздат, 1966.

Бойко Е. И., Время реакции человека, «Медицина», 1964.

Боксер О. Я., Клевцов М. И., Радиорефлексометрия, Медгиз, 1963.

Боксер О. Я., Клевцов М. И., Радиоэлектронная аппаратура для временного анализа рефлексов, «Энергия», 1964.

Бруфман С. С., Цифровые индикаторы, «Энергия», 1964.

Верхало Ю. Н., Электронные приборы для физиологических исследований, «Энергия», 1964.

В. Зима, Б. Кубин, Электронные методы измерения малых промежутков времени, «Энергия», 1965.

Литвак В. И., Фотоэлектрические датчики в системах контроля, управления и регулирования, «Наука», 1966.

Ложников А. П., Харченко А. М., Импульсные устройства на трохотронах, Госэнергоиздат, 1963.

Павленко П. И., Счетно-импульсный хронометр, Физматгиз, 1963.

Симонов П. В., Темников Ф. Е., Адаптивные биоэлектронные системы восприятия, обучения и управления, Бионика, «Наука», 1965.

Сапожков М. А., Речевой сигнал в кибернетике и связи, Связьиздат, 1963.

Утямышев Р. И., Техника измерения скоростей вращения, Госэнергоиздат, 1961.

Шполянский В. А., Чернягин Б. М., Электрические приборы времени, «Машиностроение», 1964.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 25 коп.